

Segurança contra incêndios:
Critérios e métodos de avaliação do desempenho de edifícios novos

Tiago André Grilo Matias

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Militar

Júri

Presidente:	Prof ^a . Doutora Ana Paula Patrício Teixeira Ferreira Pinto França de Santana
Orientador:	Prof ^a . Doutora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva
Orientador:	Prof. Doutor Nuno Gonçalo Cordeiro Marques de Almeida
Vogais:	Capitão de Mar e Guerra Eng. Naval António Possidónio Roberto Tenente-Coronel Eng. Militar João Carlos Martins Rei

Novembro de 2013

Agradecimentos

A realização desta dissertação marca o fim de uma importante etapa da minha vida. Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram de forma decisiva para a sua concretização.

À Academia Militar e Instituto Superior Técnico manifesto apreço pela possibilidade de realização do presente trabalho e por todos os meios colocados à disposição. Agradeço igualmente a excelência da formação prestada e conhecimentos transmitidos, que foram úteis para esta dissertação, ambicionando que esta dignifique, em última instância ambas as instituições.

Aos Professores Cristina Matos Silva e Nuno Almeida (orientadora e co-orientador, respectivamente) pela disponibilidade, colaboração, conhecimentos transmitidos e capacidade de estímulo ao longo de todo o trabalho.

À Mariana Nunes por todo o apoio, força e ajuda durante a realização desta dissertação, bem como nos últimos anos desta minha etapa.

Aos meus camaradas e amigos da Academia Militar, agradeço a força, a amizade e confiança que depositaram em mim.

Por último, manifesto um sentido e profundo reconhecimento à minha família pelo apoio incondicional ao longo destes anos.

Resumo

A actual crise económica internacional tem introduzido grandes restrições tanto no desenvolvimento como no investimento no sector da construção, nomeadamente em Portugal e com um maior impacto no sub-sector da construção de edifícios. Deste modo, torna-se fundamental otimizar os recursos alocados a este sub-sector.

A regulamentação de segurança contra incêndios em edifícios (SCIE) em vigor em Portugal é de natureza essencialmente prescritiva. Este tipo de regulamentação apesar de conduzir a soluções construtivas que garantem a segurança necessária, é todavia algo inflexível na promoção da inovação e na procura de soluções construtivas mais económicas. Já existentes em alguns países do norte da Europa e sul da Ásia, as regulamentações baseadas no desempenho permitem ao projectista o cálculo de soluções e métodos inovadores que validem níveis de segurança necessários para as edificações. Este tipo de regulamentação pode contribuir para construções mais económicas devido a uma maior rentabilização dos sistemas de segurança contra incêndios instalados nas mesmas.

Pretende-se com esta dissertação contribuir para um futuro desenvolvimento de regulamentação baseada no desempenho em Portugal aplicável à área da segurança contra incêndios, de acordo com as principais orientações internacionais e regulamentações já adoptadas noutros países. Em particular, a presente dissertação discute os critérios e os métodos de avaliação do desempenho de segurança contra incêndios em edifícios e apresenta uma proposta de classificação do parâmetro “Máxima distância percorrida para a fuga”, de acordo com o tipo de edifício em análise.

Palavras-chave: segurança contra incêndios em edifícios; regulamentação baseada no desempenho; sistema de avaliação; distância de fuga.

Abstract

The current international economic crisis has introduced, namely in Portugal, severe restrictions both in development and investment of the construction sector with a great impact on the sub-sector of buildings construction. Thus, it becomes essential to optimize the resources allocated to this sub-sector.

The regulation of buildings fire safety in Portugal is essentially prescriptive. This type of regulation despite of leading to constructive solutions that guarantee the necessary security, is however, inflexible in promoting innovation and the search for more economical constructive solutions. In some countries of northern Europe and southern Asia, the performance-based regulations used, allow the designer to calculate the solutions and innovative methods to validate security levels required for residential buildings. This type of regulations can contribute to more economical buildings due to a great profitability of fire safety systems installed.

The mainly intention of this thesis, is to contribute to a further development of performance-based regulations applicable to Portugal in the area of fire safety, according to the main international guidelines and regulations already adopted in other countries. In particular, the presente thesis discuss the criteria and methods for evaluating the performance of fire safety in buildings and presents a proposed classification of the “Maximum travel distance to the nearest accessible opening” parameter, according to the type of building under consideration.

Keywords: Fire safety in buildings; performance-based regulation; evaluation system; flight distance.

Índice de Texto

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento geral	1
1.2 Objectivos da dissertação	5
1.3 Organização do trabalho	6

2 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO PROJECTO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS NOVOS

2.1 Considerações iniciais.....	7
2.2 Estatísticas nacionais e internacionais de incêndios em edifícios	7
2.3 Abordagem prescritiva e abordagem baseada no desempenho	12
2.3.1 Definição e comparação da abordagem prescritiva e exigencial	12
2.3.2 Benefícios da utilização de regulamentos baseados no desempenho	14
2.3.3 Dificuldades de implementação dos regulamentos baseados no desempenho	15
2.3.4 Transição para a regulamentação exigencial.....	16
2.4 Métodos de avaliação baseados no desempenho	17
2.5 Legislação.....	21
2.5.1 Legislação Portuguesa	21
2.5.2 Legislação internacional	23
2.6 Parametização da segurança contra incêndio	24
2.6.1 Comparação da norma ISO 15928-4 e a regulamentação nacional	24
2.6.2 Comparação da norma ISO 15928-4 e a regulamentação internacional.....	24
2.7 Considerações finais	35

3 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS – MEIOS DE FUGA

3.1 Considerações iniciais.....	37
3.2 Influência das características humanas	38

3.2.1 Pânico	39
3.2.2 Reentrada	41
3.2.3 Formação de grupos	41
3.2.4 Movimento através do fumo	42
3.2.5 Resposta ao alarme	42
3.2.6 Escolha da rota de saída	43
3.2.7 Características físicas dos ocupantes	44
3.3 Influência das características do edifício	44
3.3.1 Características geométricas.....	44
3.3.2 Condições ambientais.....	47
3.4 Velocidade de fuga	47
3.4.1 Velocidade fuga horizontal.....	48
3.4.2 Velocidade fuga vertical	50
3.4.3 Taxas máximas de fluxo.....	53
3.4.4 Efeitos do fumo na velocidade de deslocamento e parâmetros de segurança para o fumo, gases tóxicos e calor.....	56
3.5 Tempo necessário para a fuga	60
3.5.1 Tempo de detecção	62
3.5.2 Tempo de alarme	63
3.5.3 Tempo de pré-movimento.....	63
3.5.4 Tempo de deslocamento	67
3.5.5 Margem de segurança	68
3.6 Considerações finais	68
 4 PROPOSTAS DE CLASSIFICAÇÃO DO PARÂMETRO “MÁXIMA DISTÂNCIA PERCORRIDA PARA A FUGA”	
4.1 Considerações iniciais.....	71
4.2 Análise do movimento populacional.....	72
4.2.1 Distâncias máximas regulamentares nacionais e internacionais.....	72
4.2.2 Movimento horizontal	73
4.2.3 Movimento vertical	76
4.3 Propostas de classificação do parâmetro	81
4.4 Considerações finais	88

5 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

5.1 Conclusões	89
-----------------------------	-----------

5.2 Desenvolvimentos futuros.....	90
--	-----------

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
---	-----------

ANEXOS

Anexo A – Exemplo de cálculo do tempo de evacuação de um edifício por Nelson e Maclennan (1995) .	A-1
--	------------

Anexo B – Tabelas comparativas entre os parâmetros da norma internacional ISO 15928-4 e a regulamentação internacional	B-1
---	------------

Índice de Tabelas

Tabela 1.1 – Número de vítimas em incêndios em Portugal (Primo, 2008)	2
Tabela 2.1 – Número de incêndios urbanos (ANPC, 2010)	8
Tabela 2.2 – Causas de incêndios domésticos fatais em 2004 (NIBRA, 2009)	10
Tabela 2.3 - Prejuízos de perdas directas causadas por incêndios e vítimas mortais em incêndios no período de 2005-2007 (The Geneva Association, 2010)	11
Tabela 2.4 – Custo da protecção contra incêndio em edifícios 2005-2007 (The Geneva Association, 2010)	12
Tabela 2.5 – Agentes e parâmetros da norma ISO 15928-4	20
Tabela 2.6 – Comparação de parâmetros entre a norma internacional ISO 15928-4 e regulamentos internacionais em vigor	25
Tabela 3.1 - Motivos que provocaram a reentrada de ocupantes no incêndio do edifício do Arundel Park, EUA (Coelho, 2001)	41
Tabela 3.2 – Larguras das camadas limite para o cálculo da largura efectiva (Coelho, 2001; SPFE, 2002)	45
Tabela 3.3 – Velocidade de deslocamento – Ocupantes com dificuldades motoras - Superfícies horizontais (SPFE, 2002)	49
Tabela 3.4 – Factor K para cálculo da velocidade (SPFE, 2002)	51
Tabela 3.5 – Velocidades de deslocamento em escadas – Movimento ascendente e descendente [m/s] (SPFE, 2002)	51
Tabela 3.6 — Capacidade de fluxo máximo e larguras mínimas das saídas de evacuação (ADB, 2000)	53
Tabela 3.7– Fluxo específico máximo em trajectos verticais consoante o tipo de escadas (European Guideline, 2009)	54
Tabela 3.8 – Síntese dos fluxos de escoamento máximos (PD 7974-6, 2004)	55
Tabela 3.9 – Limites de segurança do fumo (PD 7974-6, 2004)	57
Tabela 3.10 – Limites de exposição de concentrações para gases asfixiantes expressos em concentração de CO por 5 e 30 minutos de exposição (PD 7974-6, 2004; European Guideline, 2009)	59
Tabela 3.11 – Limites de segurança para o calor de convecção e de radiação (PD 7974-6, 2004; European Guideline, 2009)...	59
Tabela 3.12 – Tempos de pré-movimento segundo vários regulamentos [min]	65
Tabela 3.13 – Tempos de pré-movimento [min] (European Guideline, 2009)	66
Tabela 4.1 – Distâncias máximas regulamentares nacionais e internacionais [m]	72
Tabela 4.2 – Tempo de deslocamento horizontal máximo adoptando velocidade média de 1,07 m/s [s]	73
Tabela 4.3 – Variação da densidade populacional de acordo com a classe de desempenho adoptada para o movimento horizontal [pessoas/m ²]	74
Tabela 4.4 – Velocidades horizontais das diversas classes de desempenho [m/s]	74
Tabela 4.5 – Variação da densidade populacional de acordo com a classe de desempenho adoptada para o movimento vertical [pessoas/m ²]	76
Tabela 4.6 – Distância de fuga horizontal e vertical em edifícios com 2 e 3 pisos para uma velocidade média de 1,07 m/s horizontal e 0,83 m/s vertical [m]	78

Tabela 4.7 – Tempos de deslocamento máximo horizontal e vertical em edifícios de 2 e 3 pisos [s]	78
Tabela 4.8– Velocidades verticais das diversas classes de desempenho [m/s]	80
Tabela 4.9 – Máxima distância percorrida para a fuga [m] – Critérios para atribuição das classes de desempenho A+, A e B.....	83

Índice de Figuras

Figura 1.1- Número de edifícios de habitação no período de 2001-2012 (INE-ECH, 2012)	1
Figura 1.2 – Crescimento percentual médio anual do número de edifícios de habitação em Portugal (INE-ECH, 2012)	2
Figura 1.3 – Socorro prestado pela protecção civil por tipo de incêndio urbano 2008-2010 (Gabinete Secretário Geral, 2010)	3
Figura 2.1 – Incêndios de acordo com o tipo de ocupação dos edifícios	9
Figura 2.2 – Percentagem horária de ocorrência de fogos fatais e não fatais (2009-2011) (FEMA, 2011)	11
Figura 2.3 - Modelos hierárquicos desenvolvidos pelo NBK (esquerda) e pelo IRCC (direita) (Meacham, 2008)	13
Figura 2.4 - Processo de transição dos regulamentos prescritivos para regulamentos baseados no desempenho e informação do risco (Tavares, 2008)	17
Figura 2.5 - Evolução histórica para a concepção do modelo de gestão técnica baseada no desempenho e no risco (Almeida, 2011)	18
Figura 2.6 - Níveis de desempenho técnico em construções novas	19
Figura 3.1 – Redução da percepção sensorial (a) Efeito túnel (Illera, Fink, et al., 2005) (b)	40
Figura 3.2 – Realidade espacial vs Sinalização	40
Figura 3.3 – Esquema da largura efectiva num corredor de evacuação (SPFE, 2002)	46
Figura 3.4 – Velocidade de deslocamento em função da densidade populacional (European Guideline, 2009)	49
Figura 3.5 – Velocidade de deslocamento horizontal	50
Figura 3.6 – Velocidade de deslocamento vertical descendente	52
Figura 3.7 – Velocidade de deslocamento vertical ascendente	52
Figura 3.8 – Fluxo específico em função da densidade populacional (European Guideline, 2009)	55
Figura 3.9 – Velocidade de deslocamento em fumo irritante e não irritante (PD 7479-6, 2004)	57
Figura 3.10 – Esquema simplificado dos processos envolvidos no tempo de fuga (PD7974-6, 2004; ISO 16738, 2009)	62
Figura 3.11 – Sequência de acções relativas na fuga em edifícios (Purser, 2009)	64
Figura 4.1 – Variação de velocidade horizontal para o cálculo das distâncias de fuga	75
Figura 4.2 – Simulação de atribuição de classes de desempenho tendo em conta dados de várias referências bibliográficas	76
Figura 4.3 – Variação de velocidade vertical de acordo com as dimensões da escada e autores	79
Figura 4.4 – Relação entre as várias referências e a média das mesmas para a distância vertical	80
Figura 4.5 – Distância Horizontal em situação de impasse num edifício com CEE [m]	83
Figura 4.6 – Distância Horizontal em situação de 2 saídas num edifício com CEE [m]	83
Figura 4.7 – Distância horizontal em situação de impasse para um edifício de 2 pisos sem CEE [m]	84
Figura 4.8 – Distância vertical em situação de impasse para um edifício de 2 pisos sem CEE [m]	84

Figura 4.9 – Distância horizontal em situação de 2 saídas para um edifício de 2 pisos sem CEE [m]	85
Figura 4.10 – Distância vertical em situação de 2 saídas para um edifício de 2 pisos sem CEE [m]	85
Figura 4.11 – Distância horizontal em situação de impasse para um edifício de 3 pisos sem CEE[m]	86
Figura 4.12 – Distância vertical em situação de impasse para um edifício de 3 pisos sem CEE [m]	86
Figura 4.13 – Distância horizontal em situação de 2 saídas para um edifício de 3 pisos sem CEE [m]	87
Figura 4.14 – Distância vertical em situação de 2 saídas para um edifício de 3 pisos sem CEE [m]	87

Abreviaturas e Simbologia

Abreviaturas

CEE	Caixa de Escadas Enclausurada
DEF	Dose Efectiva Fraccional
EBD	Edifícios Baseados no desempenho
GTE-BDR	Modelo de Gestão Técnica de Edifícios Baseada no Desempenho e no Risco
IRCC	Comité Internacional de Colaboração Jurídica e Regulamentar
ISO	Organização Internacional de Normalização
ITED	Instalações de Telecomunicações e Dados
NBK	Comité Nórdico para a Regulamentação de Edifícios
PIB	Produto Interno Bruto
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RJUE	Regulamento Jurídico da Urbanização e Edificação
SCIE	Segurança Contra Incêndios em Edifícios

Simbologia

t_{alar}	Tempo necessário para soar o alerta geral [min]
t_{desl}	Tempo necessário para a deslocação para um local seguro [min]
t_{det}	Tempo necessário para a detecção do sinistro [min]
t_{dfs}	Tempo disponível para a fuga em segurança [min]
t_{marg}	Intervalo de tempo da margem de segurança [min]
t_{nfs}	Tempo necessário para a fuga em segurança [min]
t_{pre}	Tempo das actividade pré-movimento [min]
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
HBr	Ácido Bromídrico
HCL	Ácido Clorídrico
HCN	Cianeto de Hidrogénio
HF	Ácido Fluorídrico
NO _x	Óxidos de Azoto
ppm	Partes por Milhão
SO ₂	Dióxido de Enxofre

1 Introdução

1.1 Enquadramento geral

A construção tem um grande peso na economia, sendo um importante promotor no desenvolvimento económico português e sendo responsável por grandes volumes de recursos financeiros. Em 2012, o parque habitacional português foi estimado em 3,6 milhões de edifícios e 5,9 milhões de fogos, decorrendo que face ao último Recenseamento da Habitação (ocorrido em 2011), o número médio de habitantes por fogo diminuiu cerca de 10%, respectivamente de 2,0 para 1,8. Este aumento do número de fogos por habitante resulta num crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) português de 1,4% após uma variação de -2,5% no ano anterior, representando assim uma recuperação em 2010 face aos anos anteriores. Porém, devido à actual conjuntura do país, Portugal revelou ainda assim uma situação menos favorável face à média dos parceiros da União Europeia, cuja média de crescimento rondou os 1,8% (AICCOPN, 2012; Córias, 2012; INE-ECH, 2012).

Na Figura 1.1 encontra-se representado o número de edifícios de habitação para o período de 2001 a 2012 em várias regiões de Portugal. Neste gráfico, é visível que em termos do número de edifícios, a região Norte é dominante, apresentando 34,2% do parque habitacional existente no país. A região Centro representa 31,4% do total de edifícios, e à região de Lisboa corresponde uma percentagem de 12,7%. As restantes regiões representam, em conjunto, menos de 1/4 (cerca de 21,8%) do total de edifícios existentes em Portugal (INE-ECH, 2012).

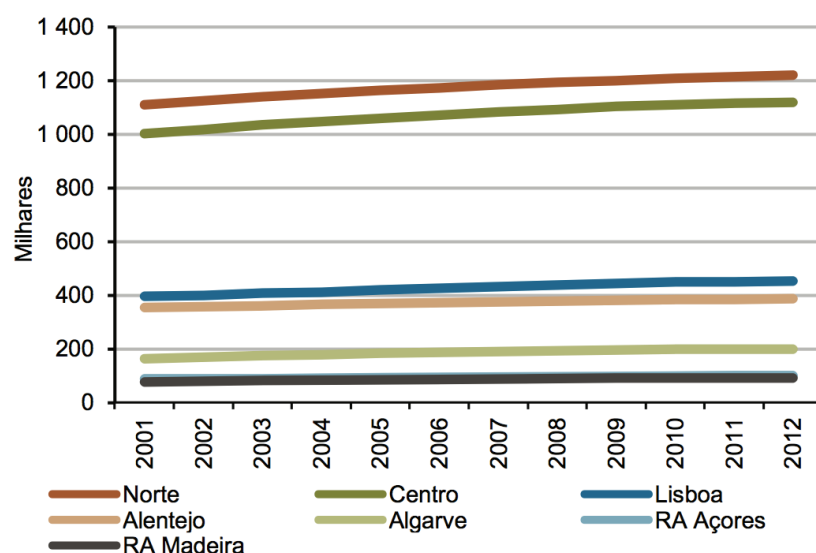


Figura 1.1 - Número de edifícios de habitação no período de 2001-2012 (INE-ECH, 2012)

Analisando a variação média anual do número de edifícios no nosso país, conclui-se que entre 2001 e 2002 existiu uma taxa de crescimento acima de 1% atingindo um máximo anual de 1,4% em 2002 (Figura 1.2). Porém esta tendência de crescimento positivo durou apenas até ao ano referido, visto que nos anos seguintes tem

vindo a registar-se uma trajetória decrescente até à estagnação em 2012 (INE-ECH, 2012).

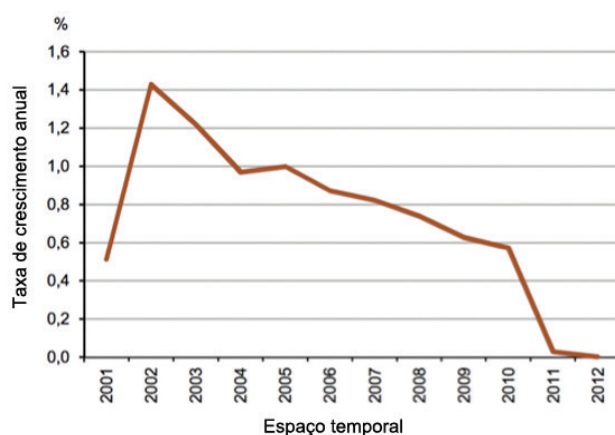


Figura 1.2 – Crescimento percentual médio anual do número de edifícios de habitação em Portugal (INE-ECH, 2012)

A elevada importância que a construção de edifícios tem, em Portugal, leva a que todos os intervenientes das diferentes fases construtivas tenham de ser continuamente melhorados, com vista a aumentar não só a segurança da construção e dos seus ocupantes mas também a rentabilidade e rapidez de execução dos edifícios de habitação. Um dos pontos mais importantes no que toca à segurança dos ocupantes são os incêndios urbanos em edifícios, tema base e principal da presente dissertação. Deste modo, é necessário dinamizar e desenvolver técnicas que contribuam para uma crescente eficiência e qualidade da construção habitacional em Portugal, indo ao encontro das expectativas dos ocupantes e de todas as partes interessadas.

A ocorrência de incêndios urbanos, de onde podem resultar avultados prejuízos materiais e vidas humanas, contribui de forma relevante para as estatísticas dos números de vítimas mortais, apesar do mediatismo dos incêndios florestais no período de verão (Tabela 1.1) (Primo, 2008).

Tabela 1.1 – Número de vítimas em incêndios em Portugal (Primo, 2008)

	1999			2003		
	Nº incêndios	Feridos	Mortos	Nº incêndios	Feridos	Mortos
Florestal	6814	124	8	7016	250	4
Agrícola	6621	35	1	7083	55	1
Mato/Incultos	23875	160	2	15591	112	9
Urbano	8922	474	52	7798	548	30
Industrial	1609	85	4	1445	97	4
Transportes	2844	57	1	3162	69	1
Outros	8303	61	1	6916	20	0

Os incêndios no meio urbano têm marcado a história, podendo-se enumerar grandes incêndios mundiais tais

como o incêndio de Roma (18 de Julho de 1964) e o de Londres (2 Setembro 1966). Em Portugal salientam-se o incêndio do teatro Baquet no Porto (20 Março de 1888), com uma estimativa de 120 mortos, e o incêndio do Chiado (25 Agosto 1988) que apesar de apenas ter provocado 2 mortos, deixou um rasto de centenas de feridos, prejuízos materiais e bastante desemprego em toda a zona afectada. É frequente pensar-se que se trata de um problema que envolve essencialmente os edifícios antigos, porém, o risco de incêndio materializa-se também em edifícios mais recentes, como por exemplo o incêndio da Torre Windsor em Madrid a 12 de Fevereiro de 2005.

Os incêndios urbanos em Portugal estão divididos entre incêndios habitacionais, sendo estes os mais frequentes, e incêndios industriais. Como é possível observar na Figura 1.3, o número de ocorrências tem vindo a aumentar desde 2008 a 2010 com números bastante significativos nos incêndios em habitações.

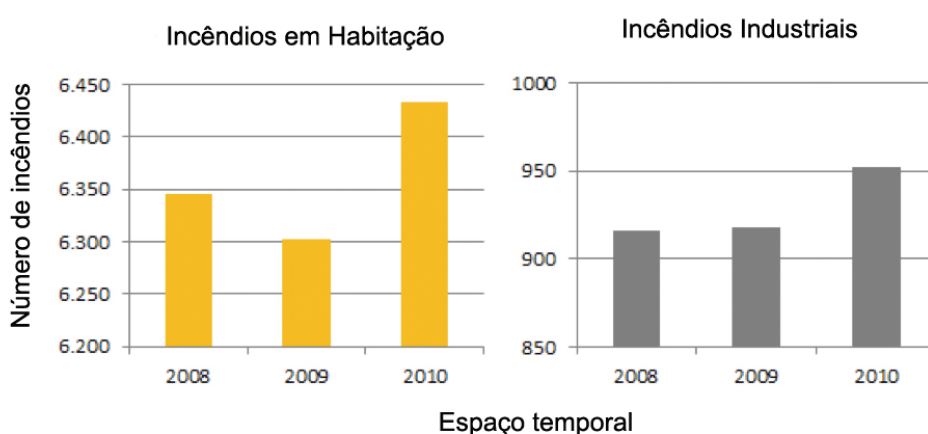


Figura 1.3 – Socorro prestado pela protecção civil por tipo de incêndio urbano 2008-2010 (Gabinete Secretário Geral , 2010)

Dada a importância dos incêndios urbanos, bem como a necessidade de existir uma dinamização no sector da construção com a finalidade última de satisfação do cliente, tem de se proporcionar um aprofundamento da segurança contra incêndios em edifícios (SCIE).

A contenção de custos associada ao aumento da segurança nos edifícios é imprescindível num mercado cada vez mais competitivo e num contexto onde existe uma maior oferta do que procura. Desta forma, a temática da SCIE é uma preocupação bastante actual e que tenderá a ser cada vez mais aprofundada no âmbito exigencial.

A presente dissertação insere-se neste contexto e dá seguimento a trabalhos de investigação anteriores já realizados no âmbito da filosofia exigencial baseada no desempenho no âmbito da SCIE (Almeida, 2011; Lourenço, 2012). Um dos pontos de partida desta dissertação corresponde ao trabalho a cargo da Organização Internacional de Normalização (ISO) que publica normas que complementam a legislação obrigatoriamente aplicável e que promovem a internacionalização dos projectos de engenharia (Ferreira, 2006; European Committee for Standardization, 2009; European Commission, 2012). Na presente dissertação, pretende-se

contribuir para o estabelecimento de uma classificação de desempenho na área da segurança contra incêndios em edifícios de habitação novos. Esta classificação respeita os agentes e parâmetros publicados na norma internacional ISO 15928-4, e propõe limiares e critérios para as classes do desempenho A+, A e B (Almeida, 2011). A definição destes limiares constitui a principal inovação da presente dissertação, uma vez que estes não estão definidos em normas internacionais. Estes parâmetros estão apresentados na Tabela 2.5 do sub-capítulo 2.4, bem como os agentes que os precedem.

Os agentes afectam qualitativamente o desempenho e identificam o modo de afectação que estes exercem sobre a habitação. Os parâmetros representam as exigências do utilizador expressas em termos do desempenho quantificável de um atributo da habitação, ou seja, um conjunto de variáveis utilizadas para descrever o desempenho. Os critérios usados na avaliação técnica do edifício são termos de referência que podem assumir a forma de conjuntos de dados, intervalos de aceitação ou limites de aprovação/rejeição para avaliar, estimar, calcular, avaliar e/ou comparar o desempenho técnico e o risco técnico inerente do edifício (Almeida, 2011).

Esteves (2008) realizou um estudo onde são referidas as certificações disponíveis em Portugal no âmbito da construção de edifícios, podendo estas serem de carácter obrigatório, tal como a certificação energética, instalações eléctricas, instalações de telecomunicações e dados (ITED) e rede de gás, ou de carácter voluntário tais como a certificação de projectos nas diversas especialidades. Reconhecem-se vantagens neste tipo de certificação e nos sistemas de avaliação associados. Este tipo de sistemas de avaliação, pode promover a inovação e o desenvolvimento de soluções construtivas que melhor vão ao encontro das necessidades dos compradores de edifícios novos, cada vez mais exigentes (SCDF, 2010). No Reino Unido e Espanha, a certificação do sistema de combate a incêndios é voluntária e segue a filosofia dos edifícios baseados no desempenho (Esteves, 2008).

1.2 Objectivos da dissertação

Esta dissertação pretende contribuir para o desenvolvimento de um sistema de avaliação e certificação no que respeita à SCIE no respeito das exigências primárias da legislação actual Portuguesa nas utilização tipo I e utilização tipo II (habitação e zonas de estacionamento respectivamente).

Os objectivos podem ser resumidos como:

- Efectuar um confronto crítico entre a norma internacional ISO 15928-4 e a regulamentação nacional e internacional existente;
- Identificação de um parâmetro onde existe uma maior incidência bibliográfica e regulamentar;
- Proposta de metodologia de classificação do parâmetro identificado a incluir no futuro sistema de avaliação e certificação do desempenho dos edifícios de habitação novos e respectivas zonas de estacionamento.

1.3 Organização do trabalho

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos e 2 anexos e foi redigida integralmente segundo o antigo acordo ortográfico.

O presente capítulo corresponde ao primeiro capítulo e nele se apresentam o enquadramento da dissertação e os objectivos propostos.

No segundo capítulo realiza-se o desenvolvimento do tema da segurança contra incêndios em edifícios, onde se inclui uma revisão de conhecimentos acerca do tema e se evidencia estatísticas recentes sobre o número de incêndios e vítimas, causas de incêndios, períodos mais susceptíveis e prejuízos associadas aos incêndios. De seguida, é apresentada a abordagem da filosofia dos regulamentos baseados no desempenho em termos de definições, comparações de vantagens e desvantagens face aos regulamentos prescritivos, bem como a referência a dificuldades no processo de adaptação de implementação dos regulamentos baseados no desempenho. No segundo capítulo é ainda feita uma introdução à filosofia da Gestão Técnica de Edifícios Baseada no Desempenho e no Risco (GTE-BDR) e uma exposição da descrição do desempenho da segurança contra incêndios de acordo com a norma internacional ISO 15928-4. Por fim, é feita uma comparação entre as legislações nacional e internacional face à norma ISO 15928-4.

No terceiro capítulo são referidas as influências das características humanas e dos edifícios que condicionam o estudo e execução dos regulamentos dos edifícios baseados no desempenho (EBD). É também realizado um estudo das velocidades e fluxos máximos em trajectos horizontais e verticais, importantes para o estabelecimento do tempo e distância de evacuação necessária para uma fuga em segurança, que será abordado no capítulo 4.

No quarto capítulo é realizada uma proposta de classificação do desempenho associada a um dos parâmetros da ISO 15928-4 utilizados para descrever a segurança contra incêndios dos edifícios: “Máxima distância percorrida para a fuga”. Esta classificação tem por base dados essencialmente prescritivos de regulamentação nacional e internacional.

No quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões gerais da investigação realizada, fazendo também referência a futuros estudos que poderão enriquecer e dar seguimento ao trabalho já realizado.

No anexo A encontra-se um exemplo de cálculo de tempo de evacuação segundo Nelson e MacLennan (1995).

No anexo B encontra-se a tabela de comparação entre a norma internacional ISO 15928-4 com diversos regulamentos internacionais e respectivas designações na língua de origem (inglês e espanhol).

2 Avaliação do desempenho do projecto de segurança contra incêndio em edifícios novos

2.1 Considerações iniciais

Será feita uma primeira abordagem, no sub-capítulo 2.2, às estatísticas nacionais e internacionais de incêndios urbanos em edifícios. Inicialmente, discute-se a definição e origem de um incêndio e os efeitos nefastos que dele advêm. Posteriormente são apresentados os números de incêndios e de vítimas mortais, bem como as causas e período horário mais provável de ocorrência do mesmo. Reiterando a importância que esta área tem no sub-sector da construção de edifícios, são também apresentados dados de custos de protecção e prejuízos derivados dos incêndios.

No sub-capítulo 2.3, é feita uma abordagem à temática dos regulamentos baseados no desempenho e dos regulamentos essencialmente prescritivos, onde se referem as definições, benefícios de ambos os tipos de regulamentação, bem como dificuldades, processo de adaptação e implementação dos regulamentos do primeiro tipo.

No sub-capítulo 2.4 são referenciados os vários modelos baseados no desempenho e na gestão do risco disponíveis e a justificação de escolha do modelo subjacente à norma internacional ISO 15928-4 como base para a presente dissertação.

Será ainda feita uma introdução à actual legislação portuguesa e aos regulamentos internacionais baseados essencialmente no desempenho (sub-capítulo 2.5), seguindo-se um estudo comparativo das estratégias de parametrização da segurança contra incêndio utilizadas na norma referida e nos regulamentos nacionais e internacionais (sub-capítulo 2.6).

2.2 Estatísticas nacionais e internacionais de incêndios em edifícios

A origem etimológica da palavra *incêndio* deriva do latim “*incendium*”. Designa uma ocorrência de fogo vigoroso, que pode ser extremamente perigoso para os seres vivos e para as estruturas em geral. O incêndio é originado por uma reacção de combustão não controlada no espaço e no tempo e desenvolve-se, em geral, em cinco fases: a ignição, propagação, inflamação generalizada, combustão contínua e declínio.

A exposição a um incêndio pode produzir a morte, geralmente pela inalação dos gases, pelo desmaio causado por eles ou, também, pelas queimaduras graves resultantes das altas temperaturas a que o corpo humano fica sujeito.

Um dos principais perigos aos quais fica exposta uma pessoa próxima de um incêndio, está ligado ao calor elevado. Mesmo fora das chamas, fica-se exposto ao risco de queimaduras devido principalmente, não só aos fumos quentes e à radiação, mas também ao contacto com objectos quentes ou ao ar quente.

Os outros riscos são essencialmente respiratórios, visto que o fogo consome o oxigénio existente no ar indispensável à sobrevivência, o que pode originar asfixia. Por outro lado, o fogo emite partículas finas, comumente designadas por fumo, que podem queimar o interior dos pulmões, mas também gases tóxicos que podem provocar o envenenamento. Por exemplo, os materiais plásticos contidos num carro estacionado numa garagem podem gerar cerca de 200 000 m³ de fumo a um ritmo de 20 a 30 m³ por segundo (NFPA 220, 2012).

O incêndio em edifícios é particularmente destrutivo para as actividades humanas, habitações, locais de trabalho, monumentos históricos, centros neurálgicos nacionais e internacionais, entre outros.

A maioria dos incêndios é de origem humana (imprudência, desatenção, causa técnica previsível, criminal), ou eléctrica. Os incêndios de origem eléctrica são sobretudo devidos ao desenvolvimento de sobreaquecimentos pontuais acidentais, em particular ao nível das conexões, sendo estes fenómenos praticamente indetectáveis.

A Tabela 2.1 sintetiza o número de incêndios urbanos registados pela Protecção Civil nos diferentes tipos de edifícios, sendo visível o grande impacto que existe no número de ocorrências nos edifícios de habitação.

Tabela 2.1 – Número de incêndios urbanos (ANPC, 2010)

Tipo de Edifício	2006	2007	2008	2009	2010
Edifício de habitação	7.000	7.300	7.200	7.200	7.439
Estacionamento	65	60	80	60	55
Edifício de serviços	270	250	167	180	235
Equipamento escolar	120	130	130	150	161
Equipamento hospitalar e lar de idosos	80	95	65	100	88
Edifício de espectáculo, lazer e culto religioso	70	80	65	75	69
Hotelaria e similares	450	490	470	430	448
Edifício comercial	430	350	300	290	290
Edifício cultural	20	25	20	30	23
Indústria, oficina e armazém	1.000	1.230	1.100	1.100	1.237
TOTAL	9.505	10.010	9.597	9.615	10.045

Em termos de percentagens, é visível na Figura 2.1, a grande percentagem de incêndios existentes em edifícios de habitação no seguimento da Tabela 2.1 já representada.

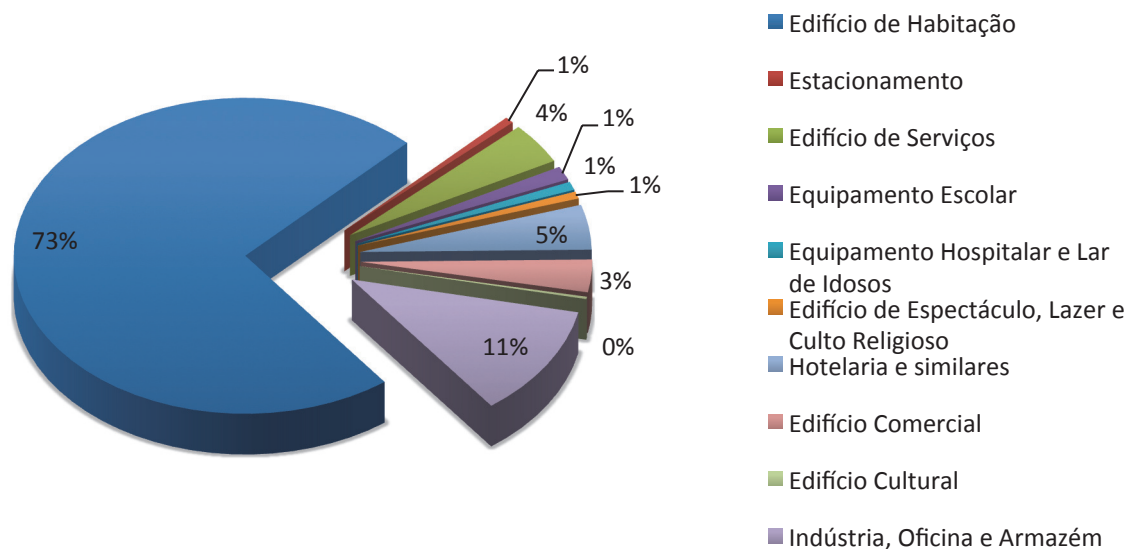


Figura 2.1 – Incêndios de acordo com o tipo de ocupação dos edifícios

Porém, existem alguns aspectos que têm de se ter em conta aquando da comparação do número de incêndios com vista a conseguir retirar conclusões válidas e com o maior rigor possível. É necessário ter em conta que nem todos os incêndios são relatados às autoridades responsáveis pela realização das estatísticas, bem como a diferente severidade de cada um na contabilização do número de incêndios.

Nos edifícios de habitação, as divisões mais afectadas pelos incêndios são as sala de estar, cozinhas ou quartos existindo uma incidência de incêndio mais acentuada durante o fim-de-semana e nas divisões onde existe uma maior concentração de materiais combustíveis tais como têxteis e mobílias (Primo, 2008).

Algumas causas mais comuns dentro da União Europeia que estão na origem dos incêndios habitacionais são principalmente originados pela falha humana, como por exemplo o uso incorrecto de electrodomésticos, negligência, imprudência ou mesmo ignorância, provocando mais casos de incêndios do que as falhas dos equipamentos propriamente ditos utilizados nas habitações (NIBRA, 2009). A Tabela 2.2 sintetiza as causas referidas anteriormente que deram origem a mortes no ano de 2004 no Reino Unido, Holanda, Suécia, Dinamarca, EUA e Austrália.

Tabela 2.2 – Causas de incêndios domésticos fatais em 2004 (NIBRA, 2009)

Causas	Reino Unido	Holanda	Suécia	Dinamarca	E.U.A.	Austrália
Fogo Intencional	35,4%	9,0%	8,3%	-	11,7%	-
Fumar	16,7%	31,0%	29,8%	51,0%	7,8%	42,0%
Cozinhar	5,6%	9,0%	5,8%		2,2%	
Utilização de Velas	5,8%	3,0%	5,0%	9,0%	5,6%	7,0%
Equipamentos Eléctricos	7,6%	21,0%	12,4%	4,0%	3,4%	14,0%
Utilização de Equipamentos p/ Aquecimento	-	3,0%	5,8%	-	3,4%	-
Descuido	-	12,0%	2,5%	-	-	-
Brincar com Fogo	3,3%	6,0%	0,0%	-	1,5%	5,0%
Outras	23,5%	6,0%	0,0%	-	6,8%	-
Desconhecida	-	0,0%	30,6%	-	57,8%	-

O acto de fumar é das principais causas de incêndio seguindo-se da utilização de equipamentos eléctricos. O acto de cozinhar tem também bastante relevo considerando que as horas mais comuns dos incêndios são as das refeições. No estudo sobre incêndios urbanos na cidade do Porto, verificou-se que a maioria dos incêndios (mais de 50%) ocorrem durante as refeições (Primo, 2008).

A causa de morte mais comum nos incêndios urbanos é a inalação de fumos. Entre 1996 e 2000, em Londres, 48% das vítimas morreram devido à inalação de gases e 19% devido a queimaduras (The Geneva Association, 2010). Na cidade do Porto, no período entre 1996 e 2006, 50% dos ocupantes de edifícios morreram devido à inalação de gases tóxicos, e 35% tiveram como causa de morte as queimaduras (Primo, 2008). O tipo de ocupantes mais afectados mortalmente são as crianças e os idosos, devido não só às dificuldades motoras mas também à reduzida capacidade cognitiva, sendo que esta última afecta também adultos aquando do consumo de bebidas alcoólicas. No Porto, os valores são mais equilibrados onde os grupos das crianças e dos idosos contribuíram para 50% das vítimas mortais (Primo, 2008).

Os incêndios mais mortais tendem a acontecer durante as horas da madrugada, altura em que a maioria dos ocupantes estão a dormir e demoram mais tempo a aperceber-se e a reagir ao fogo, aumentando o tempo de fuga, como se pode constatar na Figura 2.2.

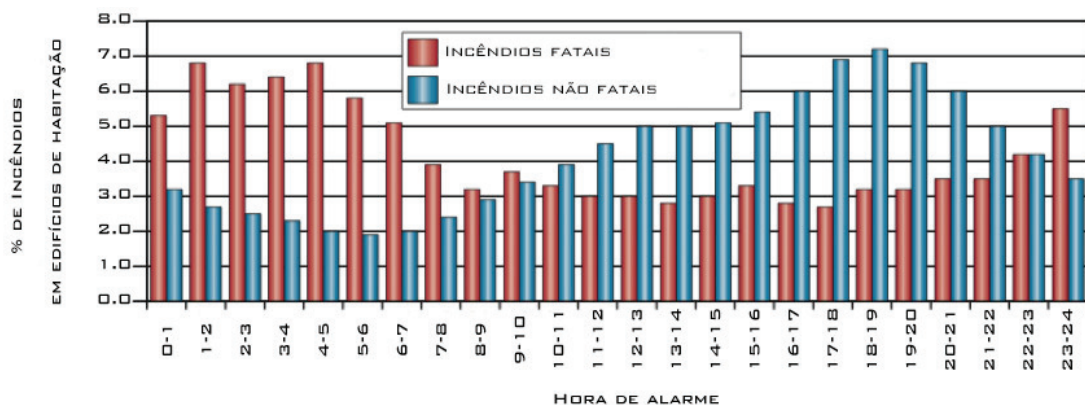


Figura 2.2 – Percentagem horária de ocorrência de fogos fatais e não fatais (2009-2011) (FEMA, 2011)

Em 2010, a Associação de Geneva publicou os prejuízos de perdas directas causadas pelos incêndios nalguns países (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 - Prejuízos de perdas directas causadas por incêndios e vítimas mortais em incêndios no período de 2005-2007 (The Geneva Association, 2010)

Prejuízos de perdas directas causadas por incêndios (em milhões de €)					Vítimas Mortais de Incêndios 2005-2007				
País	2005	2006	2007	Percentagem do PIB - 2005-07	País	Estimativas ajustadas (vítimas mortais)*			Vítimas Mortais por 1.000 2005-2007
						2005	2006	2007	
Alemanha	2.900 €	3.300 €	3.400 €	0,13	Alemanha	605	510	-	0,68
Austrália	630 €	623 €	652 €	0,08	Austrália	140	90	100	0,53
Áustria				0,26	Áustria	45	30	30	0,42
Bélgica				0,24	Dinamarca	85	70	70	1,38
Canadá				0,17	Espanha	280	245	235	0,58
Dinamarca	349 €	402 €	543 €	0,2	Estados Unidos da América	4000	3550	3750	1,23
Eslovénia				0,07	Finlândia	85	125	95	1,93
Espanha				0,12	França	660	620	605	1,02
Estados Unidos da América	8.304 €	8.996 €	11.419 €	0,1	Grécia	140	100	265	1,52
Finlândia	225 €	260 €	315 €	0,16	Holanda	70	85	70	0,46
França	3.350 €	3.300 €	3.400 €	0,19	Hungria	195	180	175	1,82
Holanda	765 €	745 €	900 €	0,15	Irlanda	45	40	55	1,09
Hungria				0,12	Itália	-	280	250	0,44
Itália	2.350 €	2.350 €	2.700 €	0,17	Japão	2250	2100	2050	1,67
Japão	2.314 €	2.352 €	2.107 €	0,12	Noruega	65	-	-	1,27
Noruega	494 €			0,22	Nova Zelândia	30	25	35	0,72
Nova Zelândia	93 €	93 €	101 €	0,11	Polónia	590	605	600	1,57
Polónia	163 €	189 €	232 €	0,07	Reino Unido	515	515	465	0,82
Reino Unido	2.141 €	1.859 €	1.803 €	0,13	República Checa	145	150	135	1,41
República Checa	75 €	90 €	100 €	0,07	Singapura	5	10	-	0,19
Singapura	241 €	223 €	196 €	0,05	Suécia	110	90	100	1,11
Suécia	529 €	479 €	601 €	0,17	Suíça »	35	30	15	0,36
Suíça				0,23					

* Ajustadas às mortes desconhecidas pelos bombeiros e/ou hospitais e por arredondamento

» Excluindo bombeiros. Apenas mortes em edifícios

- Vítimas mortais por 1.000 habitantes

A Tabela 2.4 sintetiza os custos gastos com a SCIE em diversos países. Os custos e investimentos relacionados com a protecção contra incêndios em habitações são relacionáveis com o número de vítimas mortais, veja-se o caso da Dinamarca, Noruega e República Checa. A percentagem de custo estimado da protecção contra

incêndio em edifícios é proporcional ao número de vítimas mortais e aos prejuízos de perdas directas causados pelos incêndios, existindo um claro aumento desse mesmo custo no período de 2005 a 2007.

Tabela 2.4 – Custo da protecção contra incêndio em edifícios 2005-2007 (The Geneva Association, 2010)

País	Protecção Contra Incêndio*	Custo em milhões			Percentagem média do PIB
	(%)	2005	2006	2007	2005-2007
Austrália	-	2.653 €	-	-	0,37%
Canadá	3,9%	2.894 €	-	-	0,32%
Dinamarca	5,0%	483 €	-	651 €	0,26%
Estados Unidos da América	-	31.834 €	33.564 €	42.560 €	0,39%
França	2,5%	2.900 €	3.200 €	3.400 €	0,18%
Holanda	3,0%	1.450 €	1.600 €	1.750 €	0,30%
Itália	4,0%	5.200 €	5.250 €	5.300 €	0,35%
Japão	2,5%	2.803 €	2.860 €	2.521 €	0,14%
Noruega	3,5%	904 €	-	-	0,36%
Nova Zelândia	2,5%	197 €	214 €	231 €	0,24%
Reino Unido	2,5%	3.043 €	3.268 €	3.437 €	0,22%
República Checa	3,0%	216 €	247 €	283 €	0,19%
Singapura	4,0%	803 €	1.151 €	1.748 €	0,31%
Suécia	2,5%	540 €	618 €	685 €	0,19%

* Custo estimado da protecção contra incêndio em edifícios em relação ao custo total nacional da construção.

Neste contexto, tendo em conta a importância, no que toca ao número de mortes, perdas e prejuízos, referente aos incêndios urbanos, é essencial efectuar um estudo mais aprofundado da SCIE de modo a minimizar os custos e investimentos na protecção contra incêndios bem como maximizar a segurança dos edifícios. Desde modo torna-se importante a necessidade de abordagem deste tema de acordo com o desempenho.

2.3 Abordagem prescritiva e abordagem baseada no desempenho

2.3.1 Definição e comparação da abordagem prescritiva e exigencial

Os regulamentos podem ser classificados como tendencialmente prescritivos ou essencialmente baseados no desempenho. Um regulamento prescritivo pretende fixar uma série de disposições técnicas. No caso da SCIE, estas prescrições estão agrupadas por classes/categorias (por exemplo: edifícios de pequena, média, grande ou muito grande altura). No entanto, apesar da diferença entre um edifício de 28 e um de 29 metros de altura não ser muito significativa, no que diz respeito às medidas de SCIE a aplicar em cada um dos casos, há diferenças muito consideráveis devido a mudarem de escalão/classe. Não obstante, nenhuma prescrição pode ser detalhada e particularizada prevendo todas as situações, tornando-se por vezes difícil aplicar os regulamentos prescritivos na reabilitação de edifícios existentes, uma vez que estes na sua maioria não cumprem a legislação actual pois a data da sua construção foi anterior a esta. Desta forma, aquando da sua reabilitação, poderá

haver parâmetros que sejam incompatíveis com o edifício existente, inviabilizando assim a aplicação da legislação actual de SCIE. Porém, a legislação actual Portuguesa já prevê a excepção para a reabilitação de edifícios existentes através do Art. 14º do Decreto-Lei 220/2008, onde são mencionados os edifícios de perigosidade atípica.

Visto os regulamentos prescritivos não conseguirem ponderar as várias especificidades de cada situação, acabam por ser redundantes, embora garantam a segurança, e originam custos muitas vezes dispensáveis. Por outro lado, os regulamentos baseados no desempenho, conhecidos também como regulamentos exigenciais, estabelecem objectivos (exigências), havendo alguma flexibilidade nas estratégias a desenvolver para alcançar esses objectivos (MBIE, 2008).

Porém, não se pode correr o risco de a utilização destes regulamentos servirem para a execução de projectos de má qualidade e sem garantias de segurança com o único propósito de redução de custos, pelo que as responsabilidades terão de ser asseguradas. Neste contexto, um adequado esquema de certificação pode apresentar as suas vantagens.

O Comité Nórdico para a Regulamentação de Edifícios (NBK) foi o pioneiro na elaboração do modelo para regulamentos baseados no desempenho em 1978 e, posteriormente, o Comité Internacional de Colaboração Jurídica e Regulamentar (IRCC) desenvolveu uma estrutura hierárquica de 8 níveis, na qual se tem inspirado a maioria dos estudos e desenvolvimentos mais recentes neste âmbito. Estas estruturas são válidas para as diversas áreas de especialidade e não só para o âmbito da SCIE. Ambos os modelos estão representados na Figura 2.3 (Bukowski, 1994; Meacham, 2008; Almeida, 2011).

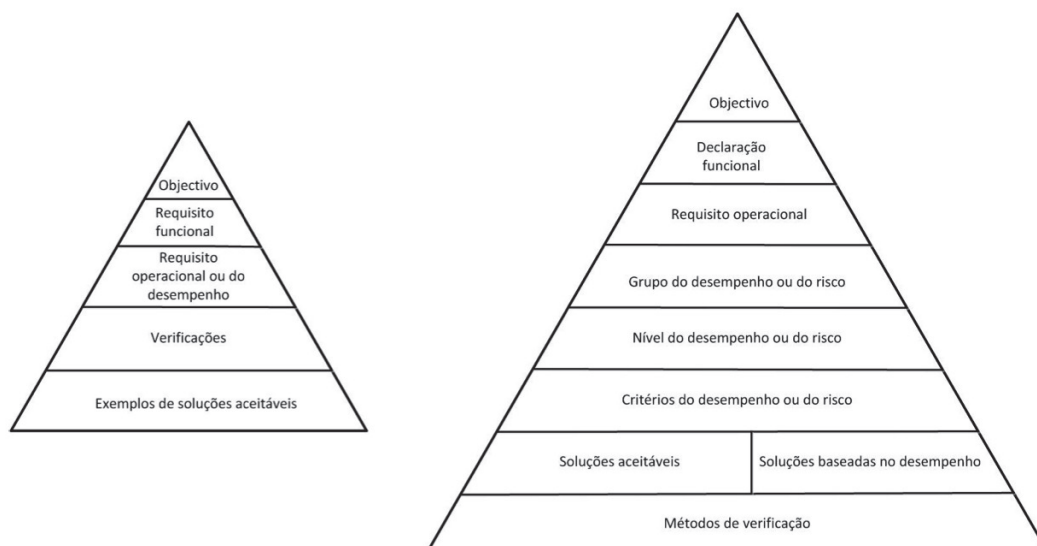


Figura 2.3 - Modelos hierárquicos desenvolvidos pelo NBK (esquerda) e pelo IRCC (direita) (Meacham, 2008; Almeida, 2011)

Actualmente, a maior parte dos regulamentos da construção em Portugal reúne conceitos baseados no desempenho, como é o caso dos regulamentos de térmica, acústica e estabilidade. No entanto, os

regulamentos de Segurança Contra Incêndios em Edifícios são essencialmente prescritivos, devendo-se maioritariamente à actual dificuldade de investigação nesta área, e que obriga a uma postura conservativa por parte do projectista no lado da segurança.

A abordagem prescritiva no contexto da SCIE é bastante diferente do exigencial, na medida em que um regulamento essencialmente prescritivo estabelece a compartimentação de um edifício de acordo com o tipo de local (utilização-tipo), a largura de uma dada via de evacuação de acordo com o efectivo populacional e o controlo de fumos e respectivo caudal em função do comprimento e largura dessa mesma via (Ramos, P.P, Rodrigues, J.P.C, 2010). Por outro lado, um regulamento baseado no desempenho determina a necessidade de assegurar a evacuação segura dos ocupantes e das operações de socorro, podendo ser privilegiado ou dispensado um ou outro sistema de segurança (compartimentação, controlo de fumo, largura, entre outros) no projecto de SCIE (Bukowski, 1994; Meacham, 1996).

2.3.2 Benefícios da utilização de regulamentos baseados no desempenho

Visto que o projecto baseado no desempenho é um projecto exigencial, é possível diminuir algumas redundâncias associadas a prescrições. Dado que a segurança do edifício, em particular nos incêndios, nunca poderá ser diminuída em relação às prescrições existentes, a regulamentação baseada no desempenho poderá permitir, por conseguinte, uma redução do custo da obra (Queensland Government, 2006).

De acordo com o estudo desenvolvido em 2002, concluiu-se que a utilização de regulamentos baseados no desempenho em edifícios possibilita a redução do valor global da obra entre 1% a 3%, sendo que, considerando o valor de negócios dentro da União Europeia, isto representaria uma poupança na ordem de mil milhões de euros anuais (BeneFEU, 2002).

Por outro lado, os regulamentos prescritivos são, como previamente referido, de aplicação complexa na área da recuperação de edifícios existentes. Desta forma, a utilização de um projecto baseado no desempenho permite efectuar intervenções em edifícios de elevado valor patrimonial reduzindo os aspectos negativos da intervenção (FiRE-TECH, 2002-2005).

Por exemplo, no caso de um edifício antigo, se não for possível garantir a compartimentação corta-fogo ou a largura regulamentar prescritiva das vias de evacuação, se a recuperação tiver em conta uma abordagem de segurança pelo nível de desempenho, podem ser equacionadas medidas alternativas que compensem as fragilidades referidas garantindo que, no final, o nível global de segurança seja equivalente (Ramos, P.P, Rodrigues, J.P.C, 2010). Nestes casos devem prever-se meios de segurança compensatórios, adequados a cada edifício e que podem incluir medidas de natureza activa como as instalações de detecção, alarme e meios de extinção assim como os meios humanos do serviço de segurança (Lopes, 2004). Estes meios de segurança já são contemplados na actual regulamentação portuguesa no que respeita às Medidas de Autoprotecção (Art.

198º da Portaria 1532/2008), tais como:

- Registos de segurança;
- Procedimentos de prevenção;
- Plano de prevenção;
- Procedimentos em caso de emergência;
- Plano de emergência interno;
- Acções de sensibilização e formação;
- Simulacros.

Outra vantagem clara na utilização de regulamentos baseados no desempenho, prende-se com a existência de uma maior liberdade criativa aos arquitectos visto ser uma regulamentação menos restritiva. O facto de estes regulamentos de SCIE já estarem em uso em vários países tais como Japão, Reino-Unido, Nova-Zelândia, entre outros, permite-nos observar que existem construções tão ou mais seguras a nível de SCIE e com uma liberdade arquitectónica inigualável (Beller, 2003). Tome-se por exemplo o edifício *The Shard* em Londres, 2012, sendo o edifício mais alto daquele país. David Healey (2012) relata que os antigos regulamentos de SCIE eram impossíveis de ser cumpridos, exigindo demasiadas caixas de escadas de evacuação. Foram então usados os elevadores como meio de evacuação, sendo a primeira vez que tal solução foi adoptada no Reino Unido, apesar de no Japão já não ser novidade.

2.3.3 Dificuldades de implementação dos regulamentos baseados no desempenho

Portugal é um país com legislações tradicionalmente prescritivas pelo que a implementação de regulamentos baseados no desempenho não é um processo fácil e rápido. Contudo, esta abordagem tem vindo a evoluir conforme acontece por exemplo com a legislação térmica dos edifícios que tem sido bastante aceite, o que é um importante progresso na adopção de legislações baseadas no desempenho. A execução de um projecto exigencial é bastante mais complexa, necessita de técnicos especializados com conhecimentos aprofundados assim como a adopção de software informático, além de envolver um maior tempo na concepção do projecto (Meacham, Bowen, Traw, Moore, 2005).

Quanto maior for o grau de especialização de conhecimento técnico e científico, mais precisos serão os resultados dos métodos exigenciais desenvolvidos para a área de SCIE. O BeneFEU (2002) estabeleceu áreas e critérios que necessitam de uma maior investigação na área de SCIE, tais como:

- Fenomenologia da combustão;
- Reacção humana em situação de incêndio;
- Análise de risco;
- Análise estatística.

Um maior conhecimento destas áreas de estudo permitirá melhorar os métodos de cálculo e poderá dar aso a novas ferramentas de projecto.

Outra dificuldade, inerente à filosofia de regulamentação exigencial, prende-se com o facto de que a entidade licenciadora também necessitar de ter formação específica, de modo a ser possível aprovar as soluções de dimensionamento propostas, o que aumenta a complexidade de todo o processo. É necessário também existir um maior cuidado na execução de toda a obra, uma vez que sendo um processo com menos redundâncias, é fundamental que todos os sistemas estejam bem construídos, sem falhas e eficazes (Ramos, P.P, Rodrigues, J.P.C, 2010). Desta forma, além do dono de obra e da fiscalização, tanto os construtores como todos os intervenientes na instalação de equipamentos de SCIE deverão ter formações e certificações para o efeito.

Deverá também haver uma cultura intrínseca de segurança para os utilizadores finais do edifício, na medida em que é necessário que os ocupantes saibam o que fazer e como reagir em caso de incêndio de modo a optimizarem os meios de evacuação. Esta cultura pode ser incutida ou por meios televisivos como acontece no Reino-Unido, ou por acções de formação em reuniões de condomínio por exemplo. Se se conseguir aproximar o comportamento dos utilizadores e ocupantes dos edifícios ao calculado por métodos de previsão e estatísticos, consegue-se reduzir a severidade das consequências provocadas por um incêndio (Lopes, 2004).

A manutenção dos equipamentos também não pode ser desprezada, o que acontece essencialmente em edifícios mais antigos e com menos informações por parte do condomínio sobre planos de manutenção e simulacros.

2.3.4 Transição para a regulamentação exigencial

Existe uma tendência europeia em ascensão que, num futuro não muito distante, desenvolverá, tal como já acontece actualmente com os Eurocódigos da construção, uma legislação europeia baseada no desempenho de SCIE (BeneFEU, 2002).

Os actuais regulamentos portugueses de SCIE essencialmente prescritivos reúnem um conhecimento acumulado ao longo dos anos cujo valor não deve ser ignorado, mas não têm em conta o conhecimento das ciências do fogo obtido nas últimas décadas.

No caso da utilização de regulamentos baseados no desempenho têm de existir justificações das soluções adoptadas tais como a análise do risco de incêndio, o tipo de matérias combustíveis que poderão gerar fumo de maior ou menor intensidade e com variados níveis de toxicidade, o cálculo do tempo de evacuação e o fluxo radiante sofrido pelos utilizadores do edifício (Lopes, 2004; Ramos, P.P, Rodrigues, J.P.C, 2010).

A criação dessa legislação será um processo complexo que envolverá necessariamente técnicos especializados de diversas áreas tais como evacuação, sistemas de controlo de desenfumagem, detecção de incêndios,

reação ao fogo, sistemas de extinção de fogo e resistência ao fogo, sendo fundamental para a implementação dos regulamentos exigenciais pois todo o sistema em torno do regulamento baseado no desempenho deverá ser credível e confiável (Meacham, 2008; Tavares, 2008; Alvarez, 2012).

O regulamento prescritivo continuará a ser válido a par do exigencial, podendo o projectista adoptar a aplicação de um ou de outro. É importante que antes de existir uma alteração de regulamentos, se crie um processo de transição. Nesta, é necessário averiguar se o futuro regulamento baseado no desempenho proporciona, no mínimo, a segurança que o regulamento prescritivo actualmente exige. Esta verificação é intitulada de “Regulamento Equivalente”. Este passo no processo de adaptação ao regulamento exigencial é devesas importante, pois permite detectar erros e omissões que poderão existir no novo regulamento, tendo este de ser reformulado caso assim se exija (Tavares, 2008). A Figura 2.4 ilustra o processo referido.

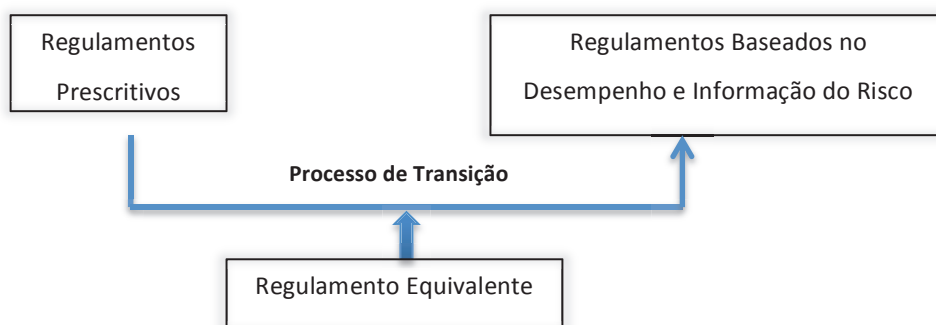


Figura 2.4 - Processo de transição dos regulamentos prescritivos para regulamentos baseados no desempenho e informação do risco (Tavares, 2008)

2.4 Métodos de avaliação baseados no desempenho

Para a avaliação e determinação dos critérios a utilizar no estabelecimento de legislação de edifícios baseados no desempenho (EBD), poderiam ser abordados vários modelos baseados na filosofia da Gestão Técnica de Edifícios Baseada no Desempenho e no Risco (GTE-BDR):

- Modelo do Comité Nórdico para a Regulamentação da Edificação abordando conceptualmente o desempenho (NKB, 1978);
- Modelo do Comité Internacional de Colaboração Jurídica e Regulamentar - IRRC numa abordagem de desempenho e risco (IRCC, 1998);
- Modelos subjacentes a normas internacionais tais como a ISO 15928-4 e ISO 13824.

Em 1963, o Comité Nórdico para a Regulamentação da Edificação (NKB) iniciou um programa para harmonizar e organizar os sistemas regulamentares da Dinamarca, da Finlândia, da Islândia, da Noruega e da Suécia. Em 1978, este comité concluiu o programa publicando um relatório designado como modelo nórdico ou modelo

nórdico dos cinco níveis (NKB, 1978; Almeida, 2011). Este modelo é considerado como ponto de partida para a reformulação na regulamentação de edifícios novos complementando os regulamentos prescritivos tradicionais (Meacham, 2004; ISO 22539, 2007; Almeida, 2011).

Actualmente existe uma tendência de uniformização dos sistemas regulamentares de diversos países no sector da construção, evidenciando o conceito dos edifícios baseados no desempenho e na informação do risco (“risk-informed performance-based building”). Os países aderentes a este novo conceito participam formalmente no Comité Internacional de Colaboração Jurídica e Regulamentar (IRCC), estabelecido em 1996 (IRCC, 1998; Meacham, 2010; Almeida, 2011).

Entretanto, foram publicadas normas internacionais (ISO) que podem apoiar a promoção dos sistemas regulamentares baseados no desempenho, devendo estes respeitar a mesma estrutura hierárquica dos sistemas referidos anteriormente. Refira-se a este respeito, a relevância da norma ISO 15928 dedicada à descrição do desempenho técnico de edifícios residenciais, a qual segue a estrutura normalmente descrita na ISO/PAS 22539.

A Figura 2.5 representa a evolução histórica da concepção e desenvolvimento do modelo baseado no desempenho e no risco que visa promover a adopção e implementação prática dos regulamentos baseados no desempenho e na informação do risco (Almeida, 2011).

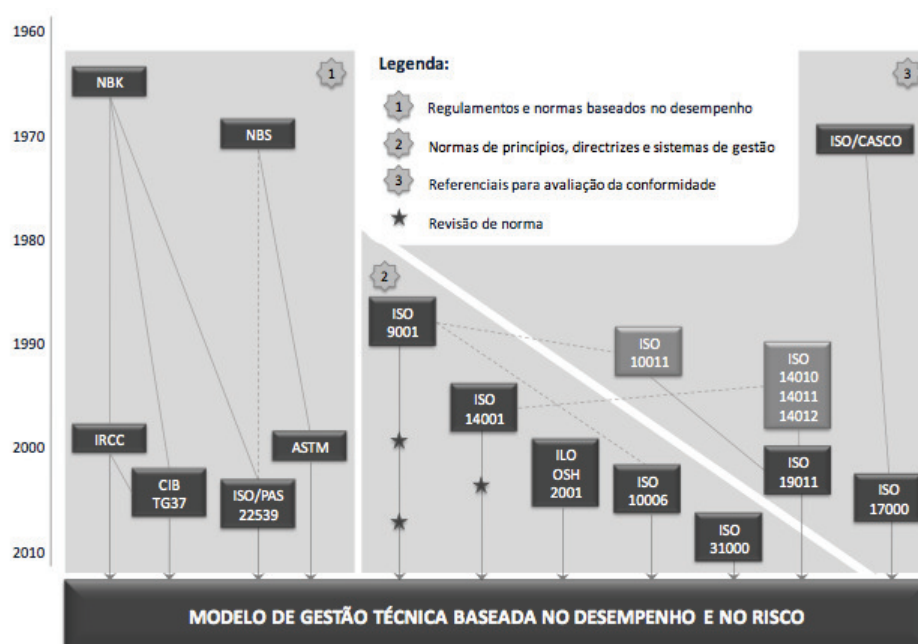


Figura 2.5 - Evolução histórica para a concepção do modelo de gestão técnica baseada no desempenho e no risco (Almeida, 2011)

A escolha da norma internacional ISO 15928-4 como base de partida para a análise de parâmetros de desempenho de edifícios de habitação novos, deveu-se ao facto de ser uma norma internacional que reúne

elevado consenso e que compreende as bases e princípios de regulamentação baseada no desempenho mais antigas tais como as divulgadas pelo NBK e IRCC, e também pela ISO/PAS 22539.

A norma ISO 15928 está subdividida em 5 partes, sendo elas a segurança estrutural (relacionada com os estados limites últimos), utilização estrutural (relacionada com os estados limites de utilização), a durabilidade estrutural (relacionada com os estados limites de durabilidade), a segurança ao fogo e a energia operacional.

A parte 4 da norma, referente à segurança ao fogo, evidencia agentes e parâmetros que podem ser seguidos no desenvolvimento de legislações de SCIE baseadas no desempenho.

De entre os agentes evidenciados para descrever a segurança contra incêndio, destacam-se:

- Acções relevantes para um cenário de fogo com e sem chamas
- Antecipação do alerta
- Extinção do fogo
- Contenção da propagação do fogo
- Adequados meios de fuga
- Controlo do comportamento estrutural
- Controlo da emissão e propagação de fumo e gases tóxicos

Para cada princípio evidenciado, existem vários parâmetros que concretizam o modo de descrever a segurança contra incêndio, sendo que a Tabela 2.5 sintetiza os agentes e parâmetros segundo a norma internacional ISO 15928-4 sombreando-se os parâmetros e critérios que serão abordados e estudados na presente dissertação: *Máxima distância percorrida para a fuga* pertencente ao agente *Meios de Fuga*.

Em termos gerais, o número de parâmetros deve ser suficientemente reduzido para que não se inviabilize a possibilidade de serem incorporados no acto de concepção do edifício. Ainda assim, a parametrização final deve traduzir de forma completa as necessidades do utilizador (ISO 22539, 2007; Almeida, 2011).

Os vários indicadores de desempenho são classificados qualitativamente recorrendo a uma escala (Tavares, 2008; Almeida, 2011). Esta escala é normalmente constituída por cinco níveis de desempenho. Ainda assim, as classes de desempenho em edifícios de habitação novos estão restringidas às três classes superiores sendo que a mínima admissível legal corresponde à terceira classe (Figura 2.6). As outras classes inferiores servem para a classificação de edifícios já existentes (Almeida, 2011 ; ISO 11863, 2011). Esta opção de classificação já ocorre, por exemplo, com o regulamento Português da térmica (RCCTE).

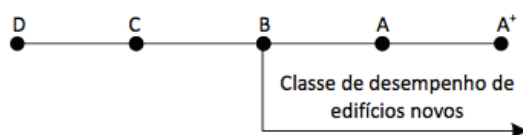


Figura 2.6 - Níveis de desempenho técnico em construções novas

Tabela 2.5 – Agentes e parâmetros da norma ISO 15928-4

Agente	Parâmetros	Classe de Desempenho	Crítérios
1 - Acções do Fogo	1.1 - Natureza do Fogo	A+	A1
		A	A2
		B	A3
	1.2 Características dos ocupantes	A+	B1
		A	B2
		B	B3
2 - Antecipação da Alerta	2.1 - Número de dispositivos	A+	C1
		A	C2
		B	C3
	2.2 - Localização dos dispositivos	A+	D1
		A	D2
		B	D3
	2.3 - Tipo de dispositivos	A+	E1
		A	E2
		B	E3
	2.4 - Interconectividade entre os dispositivos e os serviços de segurança	A+	F1
		A	F2
		B	F3
3 - Extinção do fogo	3.1 - Presença vs ausência do agente supressor	A+	G1
		A	G2
		B	G3
	3.2 Agentes supressores automáticos vs manuais	A+	H1
		A	H2
		B	H3
	3.3 Densidade e localização dos sistemas de extinção	A+	I1
		A	I2
		B	I3
4 - Contenção da propagação do fogo	4.1 - Resistência à propagação do fogo em termos de tempo necessário para este se alastrar entre divisões	A+	J1
		A	J2
		B	J3
	4.2 - Características de combustibilidade dos materiais	A+	K1
		A	K2
		B	K3
5 - Controlo da emissão e propagação de fumo e gases tóxicos	5.1 Natureza e concentração dos gases da combustão	A+	L1
		A	L2
		B	L3
	5.2 - Obscurecimento devido ao fumo	A+	M1
		A	M2
		B	M3

Agente	Parâmetros	Classe de Desempenho	Critérios
6 - Meios de fuga	6.1 Número e localização das aberturas de emergência disponíveis	A+	N1
		A	N2
		B	N3
	6.2 - Máxima distância percorrida para a fuga	A+	O1
		A	O2
		B	O3
7 - Controlo do comportamento estrutural	7.1 - Controlo do modo de colapso sob condições de fogo e resistência ao fogo do sistema estrutural	A+	P1
		A	P2
		B	P3

2.5 Legislação

2.5.1 Legislação Portuguesa

Até ao ano de 2008, a legislação portuguesa de segurança contra incêndios em edifícios estava regulamentada em vários diplomas distintos e dispersos que foram criados desde o ano de 1989. Apesar de existirem bastantes regulamentações, existiam utilizações-tipo que não estavam reguladas, tais como bibliotecas, gares de transportes públicos, igrejas, estacionamento ao ar livre, museus, entre outras. Nestas situações aplicava-se apenas o Regulamento Geral das Edificações Urbanas “RGEU”, de 1951, que era manifestamente insuficiente para a garantia da segurança contra incêndio.

Surgiu assim a necessidade de adaptar a legislação existente e alargar o âmbito da sua aplicação às utilizações-tipo não contempladas até então, dando-se início ao processo de criação de um “Regulamento Geral de Segurança contra Incêndios em Edifícios” que viria a ser aprovado a 25 de Janeiro de 2007 pelo Conselho de Ministros. Porém, a publicação do regulamento sofreu um atraso devido ao facto de ser integrado no processo Simplex e enquadrado no âmbito do Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (RJUE) definido na Lei 60/2007, de 4 de Setembro de 2007.

A 12 de Novembro de 2008, quase dois anos após a sua aprovação em Conselho de Ministros, foi publicado o primeiro Decreto-Lei (220/08). Com a introdução deste decreto-lei são considerados os edifícios de ocupação mista além dos edifícios de utilização exclusiva.

Apesar dos novos factores de risco, decorrentes do progressivo envelhecimento da população e o constante êxodo rural para as cidades, as soluções preconizadas no actual regime jurídico não prevêem implicar um impacto significativo no custo final das edificações. Este regulamento acaba assim por ser dividido em vários

diplomas, quando inicialmente foi pensado para ser um único Decreto-Lei. A Julho de 2009 foi terminado o extenso processo legislativo e de regulamentação de segurança contra incêndios, do qual resultou um Decreto-Lei (220/08), quatro Portarias (1532/08; 64/09; 610/09; 773/09) e um Despacho (2074/09) ¹.

O actual regime jurídico adopta também o conteúdo das Decisões da Comissão das Comunidades Europeias nºs 2000/147/CE e 2003/632/CE, referentes à classificação da reacção ao fogo de produtos de construção, e nºs 2000/367/CE e 2003/629/CE, relativos ao sistema de classificação da resistência ao fogo.

Muitas das soluções introduzidas pelos actuais regimes jurídicos já eram seguidas na elaboração dos projectos e na construção dos edifícios que não dispunham de regulamentos específicos de segurança contra incêndio ou quando estes não eram suficientemente exigentes. Tal deve-se ao recurso à regulamentação estrangeira, por exigência do dono da obra, dos projectistas ou das companhias de seguros (Ramos, P.P, Rodrigues, J.P.C, 2010).

Os procedimentos de avaliação das condições de segurança contra incêndios nos diversos tipos de edifícios, recintos e estabelecimentos, foram adequados ao regime jurídico da urbanização e edificação, alterado pela Lei nº 60/2007, de 4 de Setembro. Foi transcrita uma racionalização dos procedimentos administrativos, de modo a simplificar e desburocratizar a actividade da Administração Pública nesta área específica tanto a nível central como local (Ramos, P.P, Rodrigues, J.P.C, 2010).

A actual legislação de SCIE é essencialmente prescritiva, dentro da costume regulamentação portuguesa na área da Segurança Contra Incêndios em Edifícios. O Decreto-Lei Nº 220/2008 abrange as disposições regulamentares de segurança contra incêndios aplicáveis a todos os edifícios e recintos distribuídas por 12 utilizações-tipo, estando associados a cada uma delas, uma categoria de risco, num total de 4 existentes.

1 - O regime jurídico de 2008 e 2009 revogou diversos diplomas, nomeadamente:

Revogações totais: A Resolução do Conselho de Ministros n.º 31/89, de 15 de Setembro; DL 426/89, de 6 de Dezembro; DL 64/90, de 21 Fevereiro; DL 66/95, de 8 Abril; Portaria 1063/97, de 21 Outubro; DL 409/98, de 23 de Dezembro; DL 410/98, de 23 de Dezembro; DL 414/98, de 31 de Dezembro; DL 368/99, de 18 Setembro; Portaria n.º 1299/2001, de 21 de Novembro; Portaria n.º 1275/2002, de 19 de Setembro; Portaria n.º 1276/2002, de 19 de Setembro; Portaria n.º 1444/2002, de 7 de Novembro.

Revogações parciais: DL 38 382, de 7 de Agosto de 1951 (RGEU) - capítulo III do título V; DR 34/95, de 16 de Dezembro: diversos artigos; Portaria n.º 1064/97, de 21 de Outubro: alíneas g) e h) do nº 2 e o nº 3 do artigo 3º; DL 167/97, de 4 de Julho: nº 3 do artigo 10º; Portaria n.º 586/2004, de 2 de Junho: artigo 6º.

2.5.2 Legislação internacional

Actualmente já existem regulamentos internacionais essencialmente exigenciais, tal como é o caso da Austrália, Áustria, Canadá, China, Escócia, Espanha, Grã-Bretanha, Japão, Noruega, Nova Zelândia, Singapura e Suécia. Na maioria dos países onde a implementação deste tipo de regulamentação se encontra mais consolidada, tinham-se verificado grandes perdas económicas devido a incêndios urbanos, sentindo-se a necessidade de dar resposta a esta situação (Esteves, 2008; Meacham, 2010).

Nesta dissertação, foram analisados vários regulamentos, sendo que a comparação entre os parâmetros de desempenho da norma ISO 15928-4 e os regulamentos em questão está resumida na Tabela 2.6 do sub-capítulo 2.6.2. Os regulamentos analisados são:

- Code of Practice for Fire Safety in Buildings – Japão – 2011
- The Building Regulations – Dwellinghouses – Fire Safety – Reino Unido - 2010
- The Building Regulations – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Irlanda – 2006
- New Zealand Building Code – Fire Safety – Nova Zelândia – 2011
- Singapore Civil Defense Force – Fire Code – Singapura - 2013
- Documento Básico Seguridad en caso de incendio – Espanha - 2010

Em todos estes regulamentos foi abordada uma ideologia baseada no desempenho, sendo que existe uma maior notoriedade em termos de classificação efectiva no regulamento Japonês.

Verifica-se que cada regulamento aborda os mesmos parâmetros de forma diferente, e inclusivamente nem todos se baseiam nos mesmos parâmetros base. No sub-capítulo 2.6, serão tecidas algumas considerações sobre a presença, desenvolvimento e aplicação dos parâmetros da norma ISO nos regulamentos internacionais analisados seguindo a ordem descrita na Tabela 2.5 do sub-capítulo 2.4.

2.6 Parametrização da segurança contra incêndio

2.6.1 Comparação da norma ISO 15928-4 e a regulamentação nacional

O confronto entre a norma ISO 15928-4 e a regulamentação nacional foi elaborado por Lourenço (2012) e está descrito em pormenor na sua tese de mestrado, bem como no artigo decorrente do Congresso Nacional da Construção realizado em 2012 (Lourenço, Silva, Almeida, 2012).

Segundo a comparação realizada por Lourenço (2012) entre o actual regulamento Português e a norma internacional ISO 15928-4, as *Acções do Fogo* bem como o *Controlo da Emissão e Propagação de Fumos e Gases Tóxicos* são dois agentes para a descrição da segurança contra incêndios presentes na norma internacional mas que não estão contemplados na legislação nacional.

Segundo o mesmo estudo, a *Contenção da Propagação do Fogo* e a *Antecipação do Alerta* estão presentes na legislação portuguesa sendo que este último, mais especificamente os detectores de incêndios automáticos, não tem qualquer detalhe à cerca de normas de instalação ou parâmetros a seguir, ficando a cargo e responsabilidade do projectista a instalação eficaz dos mesmos. Em termos de *Segurança Estrutural* existe também uma clara correspondência. Analisando os *Meios de Fuga*, existem dados na legislação portuguesa no que toca à Distância Máxima Percorrida para a Fuga, porém não existe um reflexo tão expressivo na definição clara do número de vias de evacuação necessárias por parte da legislação actual portuguesa.

2.6.2 Comparação da norma ISO 15928-4 e a regulamentação internacional

A Tabela 2.6, permite comparar os regulamentos internacionais estudados com a norma internacional ISO 15928-4 e também tirar algumas ilacções referentes à presença dos parâmetros da norma internacional ISO nos regulamentos internacionais já mencionados anteriormente (sub-capítulo 2.5.2). No Anexo B é possível consultar a tabela referida, com a particularidade de a mesma estar com os parâmetros e títulos referenciados com o idioma de origem de cada regulamento.

Tabela 2.6 – Comparação de parâmetros entre a norma internacional ISO 15928-4 e regulamentos internacionais em vigor

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
<p>Ações do Fogo</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Natureza do fogo</i> - <i>Características dos ocupantes</i> 	<p><i>Natureza do fogo</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 193 – Início e desenvolvimento do fogo • Pág. 203 – Fases típicas da curva de incêndio <p><i>Características dos ocupantes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 25 – Avaliação da capacidade dos ocupantes; Densidade ocupacional • Pág. 196 – Características dos ocupantes e evacuação 	<p><i>Natureza do fogo</i></p> <p>-----</p> <p><i>Características dos ocupantes</i></p> <p>-----</p>	<p><i>Natureza do fogo</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 62 – Materiais perigosos (Natureza do fogo) • Pág. 149 – Materiais considerados reactivos ao fogo das classes A1 e A1_{FL} segundo o Acordo de 2000/147/EC sem necessidade de serem testados <p><i>Características dos ocupantes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 18 – Taxa de ocupação 	<p><i>Natureza do fogo</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 39 – Grupo de estudo e Categorias de perigo do fogo <p><i>Características dos ocupantes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 41 – Taxa de ocupação • Pág. 43 – Grupo de estudo • Pág. 45 – Densidade dos ocupantes 	<p><i>Natureza do fogo</i></p> <p>-----</p> <p><i>Características dos ocupantes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • C1-Pag. 23 – Tabela de densidade ocupacional 	<p><i>Natureza do fogo</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • SIB-1 – Tempo equivalente da exposição ao fogo • SIB-2 – Valor de cálculo da densidade de carga do fogo • SIB-4 – Valor característico da densidade de carga do fogo <p><i>Características dos ocupantes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • SIB-1 – Densidades de ocupação

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
Antecipação do alerta	Número de dispositivos	Número de dispositivos	Número de dispositivos	Número de dispositivos	Número de dispositivos	Número de dispositivos
- Número de dispositivos	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 86 – Protecção de áreas especiais de perigo: “Os detectores de fumo devem cumprir o “Code of Practice for Minimum Fire Service Installations and Equipment” 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 50 - Detecção de fogo e sistemas de alarme de acordo com GEN TS54:Part14:2004 Pág. 56 – Instalação de alarmes de fumo e calor 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 50 - Detecção de fogo e sistemas de alarme de acordo com GEN TS54:Part14:2004 Pág. 56 – Instalação de alarmes de fumo e calor 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 50 - Detecção de fogo e sistemas de alarme de acordo com GEN TS54:Part14:2004 Pág. 56 – Instalação de alarmes de fumo e calor 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 50 - Detecção de fogo e sistemas de alarme de acordo com GEN TS54:Part14:2004 Pág. 56 – Instalação de alarmes de fumo e calor 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 50 - Detecção de fogo e sistemas de alarme de acordo com GEN TS54:Part14:2004 Pág. 56 – Instalação de alarmes de fumo e calor
- Localização dos dispositivos	Localização dos dispositivos	Localização dos dispositivos	Localização dos dispositivos	Localização dos dispositivos	Localização dos dispositivos	Localização dos dispositivos
- Tipo de dispositivos	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 86 – Protecção de áreas especiais de perigo: “Os detectores de fumo devem cumprir o Code of Practice for Minimum Fire Service Installations and Equipment.” 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 15, 16 - Sistemas de detecção de fogo e alarmes de fogo: Tipo de dispositivos: “Alarmes de fumo e calor devem ser utilizados conforme BS 5446-1:2000 e BS 5446-2:2003, respectivamente” 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 15, 16 - Sistemas de detecção de fogo e alarmes de fogo e sistemas de alarme de acordo com GEN TS54:Part14:2004 Pág. 56 – Instalação de alarmes de fumo e calor 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 15, 16 - Sistemas de detecção de fogo e alarmes de fogo e sistemas de alarme de acordo com GEN TS54:Part14:2004 Pág. 56 – Instalação de alarmes de fumo e calor 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 15, 16 - Sistemas de detecção de fogo e alarmes de fogo e sistemas de alarme de acordo com GEN TS54:Part14:2004 Pág. 56 – Instalação de alarmes de fumo e calor 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 15, 16 - Sistemas de detecção de fogo e alarmes de fogo e sistemas de alarme de acordo com GEN TS54:Part14:2004 Pág. 56 – Instalação de alarmes de fumo e calor
- Interconectividade entre os dispositivos e os serviços de emergência	Interconectividade entre os dispositivos e os serviços de emergência	Interconectividade entre os dispositivos e os serviços de emergência	Interconectividade entre os dispositivos e os serviços de emergência	Interconectividade entre os dispositivos e os serviços de emergência	Interconectividade entre os dispositivos e os serviços de emergência	Interconectividade entre os dispositivos e os serviços de emergência
(tempo de atraso, fiabilidade do sistema, eficácia do alarme)	Tempo de atraso, fiabilidade do sistema, eficácia do alarme	Tempo de atraso, fiabilidade do sistema, eficácia do alarme	Tempo de atraso, fiabilidade do sistema, eficácia do alarme	Tempo de atraso, fiabilidade do sistema, eficácia do alarme	Tempo de atraso, fiabilidade do sistema, eficácia do alarme	Tempo de atraso, fiabilidade do sistema, eficácia do alarme

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
Extinção do fogo - Presença vs Ausência do agente supressor - Agentes supressores automáticos vs manuais - Densidade e localização dos sistemas de extinção	<i>Presença vs Ausência do agente supressor</i> ----- <i>Agentes supressores automáticos vs manuais</i> ----- <i>Densidade e localização dos sistemas de extinção</i> ----- • Pág. 29 - Todos os aspersores não devem projectar mais de determinados mm entre paredes ou compartimentos	<i>Presença vs Ausência do agente supressor</i> • Pág. 9 – Sprinklers residenciais de acordo com BS9251:2005 e DD252:2002 <i>Agentes supressores automáticos vs manuais</i> ----- <i>Densidade e localização dos sistemas de extinção</i> -----	<i>Presença vs Ausência do agente supressor</i> ----- <i>Agentes supressores automáticos vs manuais</i> ----- <i>Densidade e localização dos sistemas de extinção</i> -----	<i>Presença vs Ausência do agente supressor</i> • Pág. 140 – Câmaras corta-fogo com sprinklers • Pág. 149 – Sistemas de Sprinklers de acordo com NZS 4541 e NZS4515 <i>Agentes supressores automáticos vs manuais</i> ----- <i>Densidade e localização dos sistemas de extinção</i> ----- • Pág.135 – Sprinklers presentes em compartimentos	<i>Presença vs Ausência do agente supressor</i> • C6 – Sistemas de combate ao incêndio <i>Agentes supressores automáticos vs manuais</i> ----- <i>Densidade e localização dos sistemas de extinção</i> ----- • S14-1 – Instalações de protecção contra incêndios (bocas de incêndios, extintores, marcos de incêndio, sprinklers.) <i>Agentes supressores automáticos vs manuais</i> ----- <i>Densidade e localização dos sistemas de extinção</i> ----- • S14-1 – Instalações de protecção contra incêndios (bocas de incêndios, extintores, marcos de incêndio, sprinklers.)	<i>Presença vs Ausência do agente supressor</i> • S14-1 – Instalações de protecção contra incêndios (bocas de incêndios, extintores, marcos de incêndio, sprinklers.) <i>Agentes supressores automáticos vs manuais</i> ----- <i>Densidade e localização dos sistemas de extinção</i> ----- • S14-1 – Instalações de protecção contra incêndios (bocas de incêndios, extintores, marcos de incêndio, sprinklers.)

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
Contenção da propagação do fogo - Resistência à propagação do fogo, em termos de tempo necessário para este se alastrar entre divisões, entre apartamentos e entre edifícios	<p><i>Resistência à propagação do fogo (..)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Pág. 71 – Resistência do fogo (minutos) Pág. 73 – Critérios de classificação da resistência ao fogo de elementos de construção, barreiras de fogo e outros componentes Pág. 155 – Entidades de certificação de incêndio: <p>Espessura mínima de resistência de 240mm, 120mm e 60min:</p> <p><i>Características de combustibilidade dos materiais</i></p> <p>-----</p>	<p><i>Resistência à propagação do fogo (..)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Pág. 35 - Espaços fechados (Arrecadações) Pág. 50 – Propagação externa do fogo: coberturas: Distância mínima em qualquer ponto de uma fronteira relevante de acordo com a classe de performance Pág. 59 – Disposições de teste específicas para a resistência elementos de estruturais Pág. 61 – Períodos mínimos de resistência para casas de habitação Pág. 62 – Limitações do uso de elementos de vidro não isolador em saídas Pág. 67 – Resistência mínima ao fogo de portas consoante o seu grau de integridade <p><i>Características de combustibilidade dos materiais</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Pág. 43 – Construção de paredes exteriores Pág. 57 – Materiais de combustão limitada Pág. 64 – Uso de materiais não combustíveis ou de combustão limitada Pág. 65 - Classificação da performance de alguns materiais e produtos genéricos <p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Pág. 25 – Revestimentos de paredes e tectos Pág. 33 – Propagação interna do fogo: Compartimentação Pág. 38 – Protecção de aberturas e elementos corta fogo Pág. 44 – Propagação externa do fogo: Espaço entre janelas Pág. 62 – Limitações dos tectos falsos na protecção contra incêndios 	<p><i>Resistência à propagação do fogo (..)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Pág. 92 – Aberturas em barreiras corta-fogo Pág. 140 - Disposições de teste específicas para a resistência ao fogo de elementos de estrutura, etc Pág. 141 - Períodos mínimos de resistência para elementos estruturais Pág. 142 - Limitações dos tectos falsos na protecção contra incêndios Pág. 153 - Resistência mínima ao fogo de portas consoante o seu grau de integridade (minutos) <p><i>Características de combustibilidade dos materiais</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Pág. 138 - Materiais de combustão limitada Pág. 146 - Classificação da performance de alguns materiais e produtos genéricos <p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Pág. 40 – Protecção externa de escadas Pág. 73 – Compartimentação Pág. 85 – Arrecadações Pág. 103 – Construção de paredes exteriores Pág. 106 – Contenção do fogo 	<p><i>Resistência à propagação do fogo (..)</i></p> <p>-----</p> <p><i>Características de combustibilidade dos materiais</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Pág. 207 – Classificação de materiais não combustíveis de acordo com AS1530 <p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Pág. 95 – Requisitos para câmaras corta fogo Pág. 159 – Fogo com propagação horizontal a partir de paredes exteriores Pág. 172 - Fogo com propagação horizontal a partir de telhados, pisos e terraços em edifícios Pág. 176 – Propagação exterior do fogo entre os diferentes pisos no mesmo edifício Pág. 182 – Áreas não protegidas permitidas em edifícios sem sprinklers 	<p><i>Resistência à propagação do fogo (..)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> CpPág. 24 – Compartimentação necessária para grupos populacionais específicos em edifícios <p><i>Características de combustibilidade dos materiais</i></p> <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> S11-6 – Reacção ao fogo dos elementos de construção, decorativos e de mobiliário <p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> S11-1 – Condições de compartimentação em sectores de incêndio 	<p><i>Resistência à propagação do fogo (..)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> S11-3 Resistência ao fogo das paredes, tectos e portas que delimitam sectores de incêndio <p><i>Características de combustibilidade dos materiais</i></p> <ul style="list-style-type: none"> S11-6 – Reacção ao fogo dos elementos de construção, decorativos e de mobiliário <p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> S11-1 – Condições de compartimentação em sectores de incêndio

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
Controlo da emissão e propagação de fumo e gases tóxicos	Natureza e concentração dos gases da combustão	Natureza e concentração dos gases da combustão	Natureza e concentração dos gases da combustão	Natureza e concentração dos gases da combustão	Natureza e concentração dos gases da combustão	Natureza e concentração dos gases da combustão
- Natureza e concentração dos gases da combustão	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 147 – Ventilação Forçada Pág. 148 – Perda de fumo em portas corta-fogo e com vedação anti-fumo 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 22 – Sistemas de circulação de ar em casas cujo piso está a mais de 4,5m acima do nível do solo 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 49 – Sistemas de ventilação Pág. 130 – Ventilação do calor e do fumo 	<ul style="list-style-type: none"> Obscurecimento devido ao fumo 	<ul style="list-style-type: none"> C7 – Ventilação mecânica e sistemas de control de fumo C7 Pág. 20 – Concentração de gases C6 Pág. 6 – Aproximação da caixa de escadas sem fumo 	<ul style="list-style-type: none"> SI3-8 – Controlo do fumo de incêndio
- Obscurecimento devido ao fumo	Obscurecimento devido ao fumo	Obscurecimento devido ao fumo	Obscurecimento devido ao fumo	Obscurecimento devido ao fumo	Obscurecimento devido ao fumo	Obscurecimento devido ao fumo
	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 213 – Critérios de sustentabilidade: Altura da camada de fumo Pág. 214 – Visibilidade, Fumo, Temperatura, Toxicidade, Transferência de calor irradiado 			<ul style="list-style-type: none"> Pág. 71 – Aberturas de ventilação Pág. 85 – Portas de controlo de fumo Pág. 119 – Controlo do fogo interior e propagação do fumo Pág. 124 – Controlo de fumo em vias verticais Pág. 125 – Parques de estacionamento Pág. 130 – Subdivisão de corredores compridos Pág. 131 – Pisos Pág. 136 – Espaços protegidos Pág. 141 – Instalação de portas de controlo de fumo e fogo 		

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
Meios de fuga - Número e localização das aberturas de emergência disponíveis - Distância máxima percorrida para a fuga	<p>Número e localização das aberturas de emergência disponíveis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 32 – Saídas por quarto e/ou divisão • Pág. 31 – Edifícios com apenas uma escada exigida • Pág. 34 – Número mínimo e largura das portas de saída e outras saídas de emergência de uma divisão, compartimento ou piso • Pág. 42 – Portas relacionadas com o trajecto de saída • Pág. 45 - Caves • Pág. 52 – Número e largura das saídas de acordo com a capacidade de ocupantes • Pág. 106 – Número de escadas acessíveis 	<p>Número e localização das aberturas de emergência disponíveis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 18 – Meios de fuga de casas de habitação • Pág. 19 – Disposições alternativas para saídas de emergência. Separação do fogo em edifícios com mais de um piso acima de 4.5 m o nível da rua. • Pág. 20 - Saídas de arrecadações para espaços fechados • Pág. 21 – Pisos em galeria sem saídas alternativas • Pág. 22 – Escadas de emergência externas <p><i>Distância máxima percorrida para a fuga</i> -----</p>	<p>Número e localização das aberturas de emergência disponíveis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 23 – Número de corredores e saídas de emergência • Pág. 27 – Número mínimo de corredores de emergência • Pág. 29 - Largura de corredores e saídas de emergência • Pág. 31 – Corredores de emergência externos • Pág. 35 – Número de escadas de emergência • Pág. 42 – Escadas de emergência externas <p><i>Distância máxima percorrida para a fuga</i> -----</p>	<p>Número e localização das aberturas de emergência disponíveis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 47 – Corredores de emergência • Pág. 48 – Número de corredores de emergência • Pág. 59 – Fuga através de edifícios contíguos; Fuga a partir de caves; • Espaços abertos • Pág. 69 – Corredores de emergência externos • Pág. 90 – Janelas usadas para fuga • Pág. 91 – Número de corredores de emergência por piso 	<p>Número e localização das aberturas de emergência disponíveis</p> <ul style="list-style-type: none"> • C2Pág. 5 – Número de saídas de compartimentos e espaços • C2Pág. 48 – Determinação da largura de saída necessária <p><i>Distância máxima percorrida para a fuga</i></p>	<p>Número e localização das aberturas de emergência disponíveis</p> <ul style="list-style-type: none"> • SI3-3 – Número de saídas e distância dos percursos de evacuação <p><i>Distância máxima percorrida para a fuga</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • SI3-3 – Número de saídas e distância dos percursos de evacuação <p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • SI3-4 – Dimensionamento dos meios de evacuação • SI3-5 – Capacidade de evacuação de escadas em função da sua largura • SI3-6 – Protecção das escadas • SI3-6 - Portas situadas em trajectos de evacuação • SI3-7 – Sinalização dos meios de evacuação • SI3-8 – Evacuação de pessoas com deficiência em caso de incêndio

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – <u>Japan</u>	The Building Regulations 2010 – <u>Fire Safety Dwelling houses</u>	Building Regulations 2006 – <u>Technical Guidance</u> <u>Document B – Fire Safety –</u> <u>Ireland</u>	New Zealand Building Code 2011 – <u>Fire Safety</u>	Singapore Building Code 2013 – <u>Fire</u> <u>Safety</u>	Documento Básico – <u>Seguridad en Caso de</u> <u>Incendio 2010 - Espanha</u>
Meios de fuga - Número e localização das aberturas de emergência disponíveis - Distância máxima percorrida para a fuga	<p><i>Distância máxima percorrida para a fuga</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 37 – Distância de deslocamento <p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 28 - “Qualquer parte de um percurso de evacuação deve ser provido de uma iluminação ao nível do chão não inferior a 30 lux.” • Pág. 40 – Escoamento e largura necessária das escadas • Pág. 44 – Dimensionamento das escadas • Pág. 212 – Tempos de pré-movimento • Pág. 202 - Representação gráfica da evolução temporal da evacuação 	<ul style="list-style-type: none"> • Pág. 36 – Largura mínima das escadas de emergência • Pág. 38 – Capacidade total de evacuação das escadas; Largura total mínima de escadas para uma evacuação faseada • Pág. 48 – Iluminação da indicação de saída de emergência 	<p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 36 – Largura mínima das escadas de emergência • Pág. 38 – Capacidade total de evacuação das escadas; Largura total mínima de escadas para uma evacuação faseada • Pág. 48 – Iluminação da indicação de saída de emergência 	<p><i>Distância máxima percorrida para a fuga</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 53 – Comprimento dos corredores de emergência • Pág. 71 – Corredores de emergência simples (caves, escadas internas, varandas) • Pág. 93 – Comprimentos de espaços abertos e espaços protegidos <p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 49 – Altura e largura de corredores de emergência • Pág. 58 - Aumentos de comprimento aceitáveis em trajectos descobertos • Pág. 66 – Situação Impasse; exitways • Pág. 67 – Controlo do processo de fuga • Pág. 68 – Áreas de acolhimento • Pág. 92 – Largura dos corredores de emergência 	<p>Regulamento 2007</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pág. 6 – Determinação dos requisitos de saída • Pág. 62 – Requisitos dos meios de fuga • Pág. 111 – Saúde de Ocupação • Pág. 144 – Requisitos das saídas de emergência 	

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – <u>Japan</u>	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling <u>houses</u>	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – <u>Ireland</u>	New Zealand Building Code 2011 – Fire <u>Safety</u>	Singapore Building Code 2013 – Fire <u>Safety</u>	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - <u>Espanha</u>
Controlo do comportamento estrutural - <i>Controlo do modo de colapso sob condições de fogo e resistência ao fogo do sistema estrutural</i>	<i>Controlo do modo de colapso sob condições de fogo e resistência ao fogo do sistema estrutural</i> <ul style="list-style-type: none">Pág. 142 – Testes de resistência ao fogo de elementos estruturaisPág. 143 - Testes de resistência ao fogo de elementos não estruturais <i>Isolamento térmico</i> <ul style="list-style-type: none">Pág. 154 – Isolamento acústico e térmico <i>Outros</i> <ul style="list-style-type: none">Pág. 217 – Avaliação do desempenho estrutural	<i>Controlo do modo de colapso sob condições de fogo e resistência ao fogo do sistema estrutural</i> <ul style="list-style-type: none">Pág. 31 - Elementos de estrutura resistentes <i>Isolamento térmico</i> <ul style="list-style-type: none">Pág. 59 - Disposições específicas do teste de resistência ao fogo de elementos de estrutura etc (isolamento térmico)	<i>Controlo do modo de colapso sob condições de fogo e resistência ao fogo do sistema estrutural</i> <ul style="list-style-type: none">Pág. 71 – Elementos de estrutura resistentes <i>Isolamento térmico</i> <ul style="list-style-type: none">Pág. 139 - Disposições específicas do teste de resistência ao fogo de elementos de estrutura, etc	<i>Controlo do modo de colapso sob condições de fogo e resistência ao fogo do sistema estrutural</i> <ul style="list-style-type: none">Pág. 107 – Classificação da resistência ao fogo (Estabilidade, Integridade e Isolamento)Pág. 115 – Estabilidade estrutural durante o incêndio	<i>Controlo do modo de colapso sob condições de fogo e resistência ao fogo do sistema estrutural</i> <ul style="list-style-type: none">C3Pág. 15 – Testes de resistência ao fogoC3Pág. 52 – Disposições específicas dos testes de resistência ao fogo de elementos de estrutura	<i>Controlo do modo de colapso sob condições de fogo e resistência ao fogo do sistema estrutural</i> <ul style="list-style-type: none">S16-1 – Resistência da estrutura ao fogo<i>Outros</i>S16-2 – Resistência mínima dos elementos estruturaisS16-2 – Resistência mínima dos elementos estruturais em zonas de risco especial integradas nos edifíciosS16-2 – Elementos estruturais secundáriosS16-3 – Determinação dos efeitos dos esforços estruturais durante o incêndioS16-3 – Determinação da resistência ao fogoSIC-1 – Resistência das estruturas em betão armadoSID-1 – Resistência das estruturas em açoSIE-1 – Resistência das estruturas em madeiraSIF-1 – Resistência das estruturas pré-fabricadas

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
OUTROS	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 163 - Gestão de Segurança Contra Incêndios: Plano de Manutenção, Simulacro, Plano de Acção 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 52 – Acesso e disponibilidade a serviços de resgate em incêndios 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 116 – Acesso e disponibilidade para o serviço de bombeiros Pág. 127 – Acesso pessoal a edifícios para combater o incêndio 	<ul style="list-style-type: none"> Pág. 191 – Combate ao fogo 	<ul style="list-style-type: none"> C4 – Planamento local e combate ao fogo exterior C5 – Fontes de alimentação eléctrica C8 – Iluminação e sinalização das saídas de emergência 	<ul style="list-style-type: none"> SI5-1 – Intervenção dos bombeiros

O agente *Acções do Fogo* tem uma representatividade aceitável no parâmetro *Características dos Ocupantes*, porém só é referido com mais ênfase a densidade ocupacional e os grupos de análise, não havendo qualquer descrição do movimento dos ocupantes, reacções e factores condicionantes em caso de emergência. No parâmetro *Natureza do Fogo*, existem algumas referências, principalmente no regulamento Espanhol, no que toca ao cálculo da densidade de carga de fogo e ao tempo de exposição ao fogo. A Irlanda foca também o tipo de materiais perigosos e considerados facilmente inflamáveis, presentes no edifício. O Japão refere superficialmente as fases da curva de incêndio e a iniciação do fogo. O regulamento do Reino-Unido não tem qualquer referência às *Acções do Fogo*. A localização inicial do fogo, os efeitos do mesmo de acordo com a geometria do compartimento e o estado inicial de portas e janelas não é referenciado em nenhum regulamento.

Analisando o agente *Antecipação do Alerta*, é comum a todos os regulamentos o facto de não referirem especificamente o número, localização e tipo de detectores de fumo, sendo que, aqueles que referem superficialmente, remetem para outras normas e regulamentos específicos dessa área. O regulamento japonês de SCIE é o único que tem uma breve referência a este agente não sendo também bastante claro no que toca ao intervalo de tempo entre a detecção e o início do alarme, na eficiência dos dispositivos ou no efeito que tem o alarme na resposta dos ocupantes.

A *Extinção do Fogo* é outro agente que não está claramente presente nos regulamentos analisados. A presença de Sprinklers e sistemas de extinção automáticos ou manuais bem como a densidade de distribuição desses mesmos sistemas é apenas referido com ênfase no regulamento Espanhol, cobrindo os todos os parâmetros deste agente. O regulamento da Nova Zelândia e do Reino Unido faz apenas referência à presença e ausência de Sprinklers. O regulamento Japonês refere a densidade de distribuição dos sistemas de extinção de incêndio.

Em termos de *Contenção da Propagação do Fogo*, existe uma notável correspondência em todos os regulamentos no que toca ao tempo necessário que os elementos resistem ao alastramento do incêndio e em termos das características combustíveis dos materiais. O Japão porém, não faz referência às características dos materiais.

O *Controlo da Emissão e Propagação de Fumo e Gases Tóxicos* compreende dois parâmetros base, sendo eles a natureza e concentração dos gases da combustão e o obscurecimento devido ao fumo. Ambos estão presentes no regulamento Japonês, distinguindo-se dos restantes que apenas referem a ventilação necessária devido à circulação dos gases e fumos e portas de controlo dos mesmos, sendo que estes conceitos se encontram associados.

Observando agora o agente mais presente em todas as normas, temos que os *Meios de Fuga*, que compreendem o número de localização das vias de evacuação bem como a máxima distância percorrida até um ponto em segurança, estão presentes em todos os regulamentos. Apesar de não existir em nenhum deles uma classificação em termos de classes de desempenho, todos os regulamentos indicam distâncias máximas que

poderão ser usadas no dimensionamento de uma via de evacuação tendo em conta o tipo de edifício e de ocupantes do edifício. Também o número de saídas necessárias para câmaras corta-fogo é indicado em todas os regulamentos. Conclui-se deste modo, que é dada uma especial atenção aos meios disponíveis para uma fuga em segurança dos ocupantes dos edifícios, acontecendo também, como referido anteriormente, na legislação portuguesa.

Por fim, o *Controlo do Comportamento Estrutural* em termos da estabilidade e integridade estrutural durante um incêndio e do isolamento térmico, existe também uma grande correspondência entre os regulamentos analisados e a norma internacional, verificando-se que existe um estudo relativamente avançado no que toca ao tempo de resistência dos materiais ao fogo retardando o colapso estrutural.

Torna-se também importante referir alguma dificuldade e ambiguidade no reconhecimento de parâmetros presentes nos regulamentos tais como a distinção entre a natureza do fogo e a natureza e concentração dos gases resultantes da combustão, que leva a que não exista uma separação clara entre um conceito e outro.

2.7 Considerações finais

Neste capítulo começou por se fazer uma introdução às estatísticas de incêndios em Portugal e noutros países, onde se concluiu que a maior parte dos acidentes em habitações se devem a erro humano seguindo-se os problemas elétricos. As horas das refeições são as mais críticas devido ao facto de ser a altura do dia onde é usada mais a chama, tanto em fogões como em fornos e esquentadores. Porém, os incêndios mais fatais ocorrem de noite, uma vez que os ocupantes se encontram na sua maioria a dormir e o tempo de evacuação aumenta consideravelmente. Verificou-se também que nos países onde existiram mais mortes devido aos incêndios, foram aqueles onde existiu um maior investimento na protecção contra incêndio em edifícios.

Desta forma, considerando as perdas e custos associados aos incêndios urbanos, torna-se necessário aprofundar o estudo da regulamentação baseada no desempenho de modo a otimizar recursos e garantir uma maior eficiência no que respeita à SCIE.

De seguida fez-se uma primeira abordagem aos regulamentos baseados no desempenho e essencialmente prescritivos, onde se encadeou a origem da actual norma internacional ISO 15928-4, em certa medida inspirada pelos contributos do NBK e do IRCC. Indicaram-se os benefícios da utilização de regulamentos baseados no desempenho e as dificuldades de implementação desses mesmos regulamentos.

Finalmente, apresenta-se uma abordagem à actual legislação nacional, onde se concluiu que foi bastante importante a compilação e a inovação, na actual legislação de 2008, de inúmeros regulamentos e legislações antigas, dispersas e sem um fio condutor. Finaliza-se com uma comparação entre a norma internacional ISO 15928-4 e vários regulamentos internacionais orientados essencialmente para o desempenho no que toca à

SCIE, onde se pôde verificar que existem bastantes agentes e parâmetros presentes nos regulamentos orientados para o desempenho, não existindo porém uma classificação em classes efectivas.

3 Critérios de avaliação do desempenho de segurança contra incêndios em edifícios – Meios de fuga

3.1 Considerações iniciais

Considerando a análise efectuada no capítulo 2.6, é possível verificar que o agente de *Meios de Fuga* foi o mais estudado e abordado internacionalmente, quer em termos bibliográficos (Lopes, 2004; ISO 16738, 2009; Lourenço, 2012), quer na regulamentação existente. Deste modo, optou-se pelo estudo de um parâmetro enquadrado neste agente para a descrição de segurança contra incêndio intitulado de “Máxima distância percorrida para a fuga”.

Em caso de deflagração de incêndio, a vida humana será sempre o primeiro aspecto que terá de ser preservado. Deste modo, a evacuação de um edifício é dos aspectos com maior importância desde o momento em que o incêndio é detectado. Esta evacuação pode ser descrita como sendo a deslocação de todos ou de uma parte dos ocupantes do edifício depois da eclosão de um incêndio, para um local seguro, independentemente da sua localização.

A evacuação do edifício tem actualmente um importante papel devido a uma crescente complexidade e dimensões dos edifícios construídos hoje em dia. Para que possa existir uma fuga de todos os ocupantes em segurança, há que garantir que o tempo total de evacuação seja inferior ao tempo disponível para a mesma, isto é, só se consegue garantir a salvaguarda de todos os ocupantes a evacuar, se o tempo necessário para a fuga em segurança for superior ao intervalo de tempo que um edifício consegue manter a sua estabilidade, integridade e salubridade dos gases para os seus ocupantes.

Desta forma, torna-se fundamental analisar o comportamento humano individual ou em multidões num contexto de emergência de modo a conseguir prever distâncias máximas que um indivíduo pode percorrer até se encontrar numa zona em segurança e o número de saídas de emergência que têm de estar disponíveis para determinado número e tipo de ocupantes. Desta forma o agente “Meios de Fuga” poderá ser mais aprofundado e quantificado, de modo a proporcionar informação relevante no estabelecimento das classes de desempenho para um edifício de habitação.

Neste capítulo, e de modo a iniciar e quantificar os *Meios de Fuga*, apresenta-se em primeiro lugar uma análise à influência das características humanas e do edifício em termos do comportamento humano individual e em multidões, seguindo-se de uma pesquisa bibliográfica a velocidades de fuga de população em trajectos horizontais tais como corredores, rampas e portas, e trajectos verticais (escadas) ascendentes ou descendentes. De modo a completar o conceito de evacuação de um edifício, é introduzido um último capítulo

referente ao tempo necessário para a fuga em segurança, onde são apresentados e quantificados os vários tipos de tempos.

A definição das velocidades de fuga e dos tempos é fundamental para a definição da distância máxima percorrida para a fuga, cuja análise se encontra no capítulo 4.

3.2 Influência das características humanas

O comportamento humano em situações de pânico e em termos de evacuação, tem sido estudado ao longo das últimas décadas por Proulx G., Ando, Thompson, Marchant, Nelson, Mowrer, Fruin, Fahy, entre outros, com o objectivo de incorporar informação adicional das características da população nos modelos de evacuação disponíveis, de modo a conseguir assim obter resultados cada vez mais realistas e aproximar o comportamento humano teórico à realidade existente na evacuação de edifícios fustigados pelo fogo (NBS, 1981).

De facto, a importância do comportamento humano e das características físicas dos ocupantes no processo de evacuação influenciam, de forma directa, tanto o tempo que antecede o movimento, como o tempo de deslocamento para um local seguro. Por exemplo, durante o deslocamento poderão ocorrer comportamentos inesperados e peculiares tais como o pânico, a reentrada para a fracção do edifício que deveria ser abandonada, o agrupamento de indivíduos durante a deslocação ou mesmo o movimento através do fumo. Desta forma é de grande importância o estudo de todas estas variáveis do comportamento humano para um cálculo rigoroso do tempo de evacuação de um edifício de habitação.

Problemas e soluções no que respeita à segurança de multidões têm sido referidos há mais de 30 anos por diversos autores e relatórios. Um deles, o relatório NBS (1981), foi motivado pelo desastre numa escada de um estádio de futebol onde morreram 66 pessoas esmagadas pela multidão em fuga em 1971 em Glasgow, e em Cincinnati em 1980 onde 11 pessoas morreram esmagadas na entrada para um concerto de rock (Paulsen, 1981). Têm surgido algumas recomendações, sendo que algumas têm ampla aplicabilidade:

- Deve-se manter a simplicidade em todos os acessos e vias de circulação, o que diminui a necessidade da existência de placas direccionais e pessoal de segurança;
- Os corredores de circulação devem ser superfícies contínuas, como por exemplo rampas de acesso. As escadas são soluções aceitáveis para encurtar os corredores de circulação não sujeitos a um grande fluxo de ocupantes;
- Na medida do possível, os sistemas de entrada devem ser "reversíveis" e utilizáveis sempre que exista uma situação de emergência e for necessário o maior número de saídas de emergência possíveis.

Entre os documentos técnicos anexados ao relatório NBS (Paulsen, 1981), existia um de Fruin (1971) intitulado "Crowd Disasters—A Systems Evaluation of Causes and Countermeasures" (Desastres na Multidão – Sistemas

de avaliação de causas e contra-medidas). Este artigo discute quatro elementos fundamentais: o tempo, o espaço, a informação e a energia, em relação aos seguintes aspectos de incidentes graves em multidões:

- Rápida acumulação de filas de pessoas durante a fuga devido à sobrelotação dos espaços;
- Em densidades ocupacionais que se aproximam da densidade crítica de cerca de 8 pessoas/m², não há nenhum espaço entre as pessoas. As ondas de choque, que fazem com que os indivíduos se movam involuntariamente até 3 m lateralmente, podem ser vistas como um movimento das multidões.

As forças resultantes de pessoas amontoadas e os efeitos das ondas de choque entre a multidão quando atingida a densidade crítica, produzem forças que são praticamente impossíveis de resistir para indivíduos ou até mesmo para pequenos grupos de pessoas. Sobreviventes deste tipo de desastres relataram uma grande dificuldade em respirar, devido à pressão das multidões e a uma grande densidade populacional. A asfixia é a causa de morte mais comum seguindo-se o ser esmagado e pisado pela multidão (Fahy, 2003).

O movimento dos ocupantes é quantificado usando três características fundamentais, as quais são expressas como taxas. Estas são a densidade, velocidade e fluxo. A densidade é o número de pessoas numa unidade de área de passagem (por exemplo, 2,0 pessoas/m²). Muitas vezes, esta característica é referida usando o inverso da densidade, isto é, a área por pessoa ou grupo de ocupantes, por exemplo, de 0,5 m² por pessoa. A velocidade é a distância percorrida por uma pessoa durante o movimento numa unidade de tempo (por exemplo, 1,0 m/s). O termo “fluxo específico” é o número de pessoas que passam numa unidade de largura por unidade de tempo (por exemplo 6 pessoas/m.s⁻¹). Já o “fluxo” é definido como o número de pessoas que passam num ponto específico por unidade de tempo (exemplo 10 pessoas/s) (ISO 16738, 2009).

Todos os aspectos aqui referidos encontram-se detalhados nos próximos sub-capítulos.

3.2.1 Pânico

O pânico é uma sensação de medo de tal magnitude que tende a bloquear o pensamento racional dando origem à ansiedade e agitação descontrolada. Este comportamento tende a piorar o comportamento de fuga que já é por si só difícil e “lento” (Lopes, 2004).

A orientação e a percepção espacial em edifícios é conseguida através dos cinco sentidos. Sob condições de stress e pânico, verifica-se uma redução cognitiva na pessoa a evacuar (Figura 3.1 a). Pessoas sobre pressão e stress perdem gradualmente quatro dos seus cinco sentidos, levando eventualmente a uma visão em túnel, com um reduzido campo de visão (Figura 3.1 b). Mesmo os mais jovens e saudáveis reagem como se estivessem mentalmente debilitados em situações de stress. É assim essencial criar espaços intuitivos e perceptíveis de modo a que os evacuados consigam concentrar-se em estruturas espaciais simples e compreensíveis (Proulx, Sime, 1991).

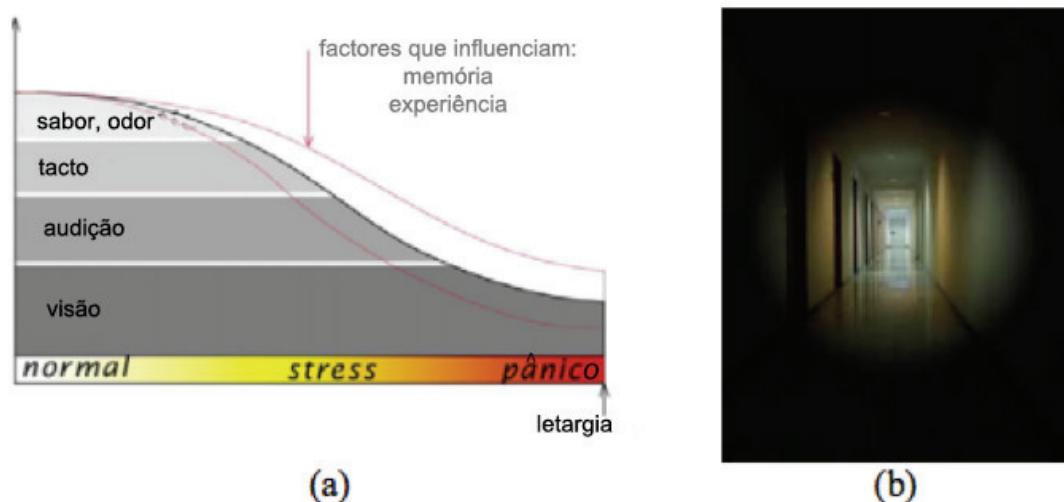


Figura 3.1 (a) – Redução da percepção sensorial (Illera, Fink, et al., 2005) (b) – Efeito túnel (Illera, Fink, et al., 2005)

Os resultados válidos das pesquisas realizadas devem assim ir ao encontro do projecto de edifícios. Edifícios mal projectados não são melhorados com a adição de sinalização de emergência. “Nem mesmo a melhor sinalização consegue curar edifícios doentes” (Paul Mijksenaar, 1999). A realidade espacial é bastante mais eficaz mesmo na ausência de sinalização (Figura 3.2). Conforme se pode observar nesta figura, a existência de sinalização (círculo amarelo) tem menos relevância, em caso de evacuação, comparado com a simplicidade e a forma intuitiva da projecção do corredor de evacuação.



Figura 3.2 – Realidade espacial vs Sinalização (Illera, Fink, et al., 2005)

As plantas de evacuação devem ser as mais intuitivas e simples possíveis de modo a reduzir o stress e o pânico que facilmente são exponenciados por um impasse na escolha de uma entre várias rotas de saída, quando a sinalização esteja ausente ou pouco visível devido ao fumo (Illera, Fink, et al., 2005).

3.2.2 Reentrada

A reentrada nos edifícios é uma prática comum que deve ser evitada tanto quanto possível. As temperaturas dos incêndios em edifícios chegam rapidamente aos 650°C em menos de 4 minutos (Lopes, 2004). Porém, os ocupantes ao aperceberem-se que conseguiram sair do edifício sem problemas, tendem a voltar atrás para ir buscar bens pessoais não tendo noção que em pouco tempo as temperaturas, gases e chamas aumentam exponencialmente. Devido à falta de oxigénio, consumido pelas chamas, e à existência de monóxido de carbono, ocorrem bastantes mortes por asfixia, razão pela qual apenas os bombeiros e outros meios de emergência devem entrar em edifícios em chamas, pois os mesmos estão munidos de aparelhos de respiração autónoma (Cote, Bugbee, 1988; Coelho, 2001).

Na Tabela 3.1 são apresentados alguns resultados de um estudo relativo ao comportamento das pessoas durante um incêndio ocorrido no edifício de Arundel Park, EUA, cujo objetivo era determinar e quantificar os motivos que levavam as pessoas a entrar novamente no edifício depois de já estarem fora dele (Coelho, 2001).

A análise mostrou também que um número significativo de pessoas que reentrou no edifício prejudicou a saída daqueles que estão ainda dentro do edifício assim como a entrada dos bombeiros.

Tabela 3.1 - Motivos que provocaram a reentrada de ocupantes no incêndio do edifício do Arundel Park, EUA (Coelho, 2001)

SEXO	SAÍDA E REENTRADA PELO MESMO LOCAL	SAÍDA E REENTRADA POR LOCAIS DIFERENTES	MOTIVO
M	1	-	Desligar o fogão
M	1	1	Alertar as pessoas
M	3	1	Auxílio não especificado
M	1	-	Procurar familiar
M	2	5	Ajudar combate ao incêndio
M+1F	-	5	Sem motivo real

Esta prática comportamental, de saídas e reentradas no edifício sinistrado, deve ser tida em consideração ao nível da regulamentação, na definição das características dos caminhos de evacuação.

3.2.3 Formação de grupos

Este acto tem sido observado com alguma frequência, com maior ênfase na evacuação de multidões, uma vez que as famílias e os amigos tendem quase sempre a ficar juntos durante a evacuação. Este comportamento provoca um aumento do tempo de evacuação uma vez que o fluxo é reduzido quando alguém pára ou inverte o sentido do deslocamento (Jones, Hewitt, 1986; Klingsch, Rogsch, et al., 2008).

3.2.4 Movimento através do fumo

Um outro factor com importância decisiva no comportamento das pessoas, e no desenrolar da operação de evacuação, é a existência de fumo nos caminhos de evacuação. Outros aspectos como a percepção da severidade do fumo, determinada pela sua aparência, densidade, assim como o aumento ou não da temperatura ambiente devido aos gases quentes, têm também influência na decisão de iniciarem a evacuação, ou de a suspenderem depois de iniciada (Coelho, 2001).

A maioria das mortes em incêndios devem-se à inalação de fumo. O fumo causa o escurecimento da visão pela absorção e dispersão da luz, reduzindo a visibilidade da sinalização de emergência e causando dor nos olhos e no sistema respiratório. Uma outra consideração prende-se no perigo tóxico dos gases asfixiantes tais como o monóxido de carbono, o dióxido de carbono e o cianeto de hidrogénio (Cote, Bugbee, 1988; Klingsch, Rogsch, et al., 2008).

Edifícios que contenham instalações desportivas, de entretenimento e lazer, contêm frequentemente grandes espaços fechados ou vazios. Estes grandes espaços fechados podem ocupar alguns andares de altura e em caso de incêndio a falta de separações físicas, como paredes e pisos, pode levar a que os fumos e gases quentes se movam livremente para locais distantes da origem do fogo. Este tipo de instalações têm frequentemente um grande número de ocupantes o que leva a que tenha de existir um sistema de controlo de fumos, dispondo de condições que assegurem a separação dos ocupantes dos gases quentes do fumo. Esta protecção pode ser efectuada fazendo um dimensionamento e previsão do volume de gases produzidos em relação à matéria combustível presente de modo a determinar a capacidade de exaustão necessária para uma determinada altura de fumo passível de ocorrer (Cote, Bugbee, 1988; ISO 16738, 2009).

Existem diferenças consideráveis nas taxas de produção de fumo calculadas dependendo do cenário de incêndio escolhido e do método de cálculo (Lopes, 2004). O sobredimensionamento do cálculo do volume de gases pode não ser económico, mas o sub-dimensionamento pode comprometer a vida dos ocupantes e a protecção do edifício.

3.2.5 Resposta ao alarme

As percepções e reacções aos alarmes ou alertas variam consoante os ocupantes do edifício. Em caso de sinal de alarme, que muitas vezes é um som desconhecido para a maioria dos habitantes, as pessoas têm tendência em reagir calmamente, principalmente se existirem outros ocupantes em redor, existindo deste modo um “disfarce psicológico” devido à presença dos demais, atrasando assim a decisão (Fahy, 2003).

O tempo referente à percepção e consciencialização do incêndio depende também do tipo de alarme ou alerta

utilizado, ou seja, as pessoas levam mais a sério um alarme vocal emitido por outros moradores em comparação com um alarme sonoro repetitivo de uma sirene de alarme de incêndio. Enquanto não existirem alertas vocais, o tempo de reacção na resposta ao alarme sonoro é superior. Foi realizado um estudo numa estação do metropolitano onde demonstraram que o tempo de reacção/pré-movimento era bastante reduzido se existissem alarmes vocais públicos e com a presença de funcionários da estação/seguranças, em comparação com alarmes sonoros convencionais (Proulx e Sime, 1991).

Proulx e Fahy (2008) realizaram um outro estudo experimental em edifícios habitacionais onde foi observado que os idosos ou pessoas com distúrbios psicológicos têm tendência a permanecer em casa mesmo depois do alarme soar, esperando o seu resgate, ou então nem o conseguiam ouvir, apercebendo-se apenas da situação aquando da chegada dos bombeiros ou outro meio de resgate à sua porta.

Brennan and Doughty (1997), estudaram o tempo médio desde a activação do alarme até ao início da evacuação em diversos tipos de construção e utilização, salientando-se que em edifícios de escritórios os valores variaram entre 1 a 6 minutos e em edifícios residenciais variaram entre 1 a mais de 20 min. Percebe-se assim que os tempos de reacção dependem em grande modo do tipo de ocupantes e as suas capacidades físicas e cognitivas.

3.2.6 Escolha da rota de saída

O resultado da opção de procura da rota de saída por parte dos ocupantes nem sempre é o desejado visto que o percurso escolhido pode ser influenciado tanto por funcionários do edifício que também estão a evacuar, como pela preferência em escolher o mesmo percurso de entrada no edifício por ser aquele em que os ocupantes estão mais familiarizados (Faillace, 1991; Alves, 2005).

Isto pode levar a que o percurso escolhido não seja o ideal e possam existir rotas de saída com um maior fluxo de ocupantes do que o projectado, e deste modo o tempo e distância de evacuação seja maior.

Outras situações indesejáveis podem ocorrer na presença de uma atmosfera saturada com fumo, isto é, o percurso escolhido por ocupantes desconhecedores do espaço do edifício tendem a seguir as sinalizações, porém essa iluminação poderá ser ocultada pelo fumo presente nos corredores/escadas o que levará por vezes a ser escolhido uma rota sem saída em que tenham de voltar para trás, ou outros caminhos com visibilidade ainda que não sejam os preferíveis em termos de distância de evacuação (ISO 16738, 2009).

Conclui-se deste modo, que um ocupante adapta a sua rota consoante a situação com que se depara.

3.2.7 Características físicas dos ocupantes

A debilidade física e psicológica inerente, ou não, à idade dos ocupantes do edifício, influenciam a evacuação durante a fuga. A capacidade de locomoção é naturalmente afectada pelo estado físico e idade dos ocupantes, sendo que este terá de ser um aspecto a ter em conta consoante o tipo de edifício em análise (Proulx, 2001).

A percentagem de pessoas com características que dificultam a sua mobilidade ou percepção do ambiente envolvente, é evidentemente maior em estabelecimentos específicos tais como hospitais ou lares de idosos. Ainda assim, uma vez que estes factores influenciam bastante a evacuação, há que ter em conta para cada edifício o número de pessoas com características especiais de forma mais rigorosa (Kady, Davis, 2009).

A existência de incapacitados, permanentes ou temporários, tem algumas implicações no desenrolar da evacuação. Em edifícios altos, aponta-se o valor de 3% como o correspondente ao número de ocupantes incapazes de utilizarem, sem ajuda, as escadas (Pauls, 1988; Coelho, 2001).

As medidas de prevenção e o dimensionamento de edifícios no projecto de segurança contra incêndios em termos de evacuação são, numa perspectiva global e transversal a todo o tipo de edifícios, influenciadas consideravelmente pelas características individuais dos seus ocupantes.

3.3 Influência das características do edifício

3.3.1 Características geométricas

Existem três tipos de movimentos relacionados com as características do edifício (Fahy, Proulx, 2008):

- O movimento horizontal ao longo dos locais de permanência, corredores, rampas, entre outros;
- O movimento vertical ascendente ou descendente através de escadas;
- O atravessamento de vãos.

Relativamente aos percursos de evacuação, os regulamentos fixam as suas características de modo a garantir a sua segurança, nomeadamente (Coelho, 2001):

- Dimensões em termos de largura;
- Distâncias máximas a percorrer desde a porta de uma habitação até à caixa de escadas;
- Número suficiente de escadas;
- Distância máxima entre escadas;
- Ventilação dos caminhos de evacuação;

- Iluminação de emergência dos caminhos de evacuação.

No movimento horizontal, as dificuldades de deslocação são menores que nos restantes casos, ainda assim é importante manter os caminhos livres de obstáculos de grandes dimensões. Sabe-se que a velocidade de fuga dos indivíduos diminui com o aumento da densidade dos mesmos de forma proporcional. Deste modo, as rampas tem tendência em aumentar a velocidade no sentido descendente, e diminui-la no sentido ascendente. No caso de existir um fluxo de evacuação maior que o dimensionado (sobrelocação), poderá existir um bloqueio na fuga onde a velocidade tende para zero (Nelson, Mowrer, 2002; Pauls, 2003).

No movimento vertical, as escadas devem ter dimensões relativas adequadas para garantir a circulação segura e fluida dos ocupantes, bem como corrimãos. As caixas de escadas deverão garantir uma boa visibilidade de modo a que a fuga se proceda com a máxima segurança possível. As velocidades de circulação verticais tanto ascendentes como descendentes são inferiores às horizontais, sendo ainda maior a diferença no sentido ascendente. O fluxo de fuga é condicionado pela densidade de ocupantes à semelhança do que acontece na circulação horizontal referida anteriormente (Nelson, Mowrer, 2002; Pauls, 2003).

É necessário conseguir garantir o fluxo dos ocupantes no atravessamento de vãos, evitando correr-se o risco de as mesmas ficarem bloqueadas à porta numa formação em arco, interrompendo a sua evacuação. O correcto dimensionamento da largura dos vãos é por isso fundamental, mantendo uma largura suficiente para a circulação ser fluida em cada um deles (Proulx, 2002; PD 7974-6, 2004).

Na fuga de ocupantes através das vias de circulação de um edifício ao longo de um corredor ou de uma escada, não é aproveitada toda a largura para a evacuação sendo necessário manter uma largura de segurança lateral às paredes e outros obstáculos presentes nessa via, denominando-se a esta largura, “camada limite”. Esta largura de segurança é necessária na medida em que permite acomodar pequenas oscilações laterais dos corpos e assegura o balanço dos mesmos no deslocamento (Fruin, 1971; Ploulx 2002; SPFE, 2002).

A largura efectiva (útil) de um caminho de evacuação, é a largura real desse caminho subtraída das camadas limite de segurança. A Tabela 3.2 regista essas larguras a serem subtraídas.

Tabela 3.2 – Larguras das camadas limite para o cálculo da largura efectiva (Coelho, 2001; SPFE, 2002)

Elemento de saída / Obstáculos	Largura camada limite (mm)
Corrimãos e gradeamentos	89
Obstáculos	100
Escadas e portas	150
Corredores e rampas	200

A largura real em edifícios de habitação é medida (SPFE, 2002):

- de parede a parede em corredores ou halls de entrada;
- largura dos degraus em escadas;
- largura medida no interior da uma porta quando aberta.

A existência de corrimãos é considerada através da comparação da largura efectiva sem os corrimãos, e a largura efectiva medida a partir da borda do corrimão, sendo usada a mais pequena das duas larguras efectivas (SPFE, 2002; ISO 16738, 2009). Usando os valores na Tabela 3.2, é necessário considerar apenas corrimãos que se projetem mais de 6 cm no exterior da parede. Quando um caminho de evacuação se torna mais largo ou mais estreito, apenas essa zona é considerada com a largura útil, não existindo lugar a uma generalização da mesma (Figura 3.3).

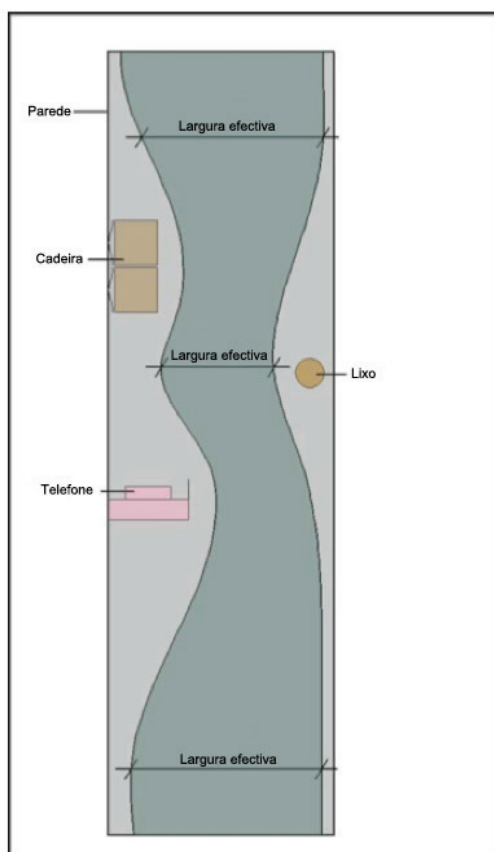


Figura 3.3 – Esquema da largura efectiva num corredor de evacuação (SPFE, 2002)

Pauls (2003) concluiu que a taxa de fluxo em escadas é uma função linear da largura (isto é, que está relacionada com aumentos incrementais de largura e não a largura por metro). Resultou também do estudo que existe uma melhor correlação do fluxo real com o teórico se usado o conceito de camadas limite. Esta largura de camada limite é constante e, portanto, tem uma maior influência sobre os cálculos do fluxo para as rotas de fuga estreitas do que para as mais largas.

3.3.2 Condições ambientais

É necessário que as condições ambientais que condicionam a evacuação tais como a temperatura, radiação, concentração de gases tóxicos, movimentos inabituais, ocorrências sonoras, entre outros, sejam preservadas de modo a não alterarem as condições de circulação. Um ambiente dito normal é aquele em que não se verifica nenhum fenómeno que altera as condições habituais. O ambiente anormal corresponde a uma ocorrência que implique a acção distinta da habitual por parte dos seus ocupantes (Costa, 2009).

3.4 Velocidade de fuga

Podemos considerar a evacuação de pessoas como um caso particular do caso mais geral que é o movimento de pessoas. Este pode tomar diferentes formas, desde um movimento caótico com as pessoas a mover-se de diferentes formas e direcções, até um movimento livre, ou seja, um movimento em que as condições são tais que o indivíduo pode mudar a sua velocidade e direcção de movimento, em qualquer altura, sem prejuízo de outros.

Existem vários métodos de cálculo e resultados confirmados que resultaram do estudo do fluxo de pessoas em situações de emergência. Um dos métodos mais conhecidos é o de Nelson e MacLennan (1995). Este método é baseado nos fundamentos hidráulicos, sendo que os valores adquiridos por estes resultam de testes e observações onde se assemelha o fluxo das pessoas ao fluxo hidráulico. O resultado destes testes conduz a uma relação entre a velocidade do movimento de pessoas e a densidade do fluxo de pessoas durante uma evacuação.

Este método considera as seguintes hipóteses:

- Todas as pessoas iniciam a evacuação ao mesmo tempo;
- Não se verifica qualquer interrupção no fluxo das pessoas, originada por uma decisão individual de pessoas envolvidas nessa evacuação;
- Não são consideradas nenhuma pessoa incapacitada, pelo que todos os indivíduos a evacuar, se integram no movimento colectivo de evacuação.

Além deste método existem também outros, como os propostos por Ando (1988), Thomson e Marchant (1995) e Lo, S.M (2004). Nos sub-capítulos 3.4.1 e 3.4.2 serão abordados métodos e resultados dos vários estudos realizados tanto em termos de velocidades de fuga horizontais e verticais respectivamente. Nos sub-capítulos 3.4.3 e 3.4.4 serão referidos métodos condicionantes da velocidade de deslocamento tais como as taxas máxima de fluxo de projecto e o efeito do fumo, gases tóxicos e calor.

3.4.1 Velocidade fuga horizontal

A velocidade de deslocamento horizontal em trajectos desimpedidos ronda normalmente os 1,2 m/s. Nelson e Mowrer (2002), citam 1,19 m/s utilizando métodos derivados do trabalho de Fruin (1971), Pauls (2003) e Predtechenskii and Milinskii (1978). Pauls (2003), indica uma velocidade média de 1,25 m/s, baseado em estudos empíricos em edifícios de escritórios.

Ando (1988) estudou viajantes em estações ferroviárias, e verificou que a velocidade de deslocamento desimpedida variava com a idade e com o sexo. Essa distribuição de velocidades revelou-se unimodal e positivamente enviesada, com um pico máximo a rondar os 20 anos de idade (a 1,6 m/s nos homens e 1,3 m/s nas mulheres).

Thompson e Marchant (1995) desenvolveram novas técnicas para analisar vídeos com a movimentação das multidões, e deduziram um método para modelar o movimento individual de pessoas baseado na distância interpessoal entre cada uma, tornando-se a base do modelo de evacuação SIMULEX por eles desenvolvido. A partir deste trabalho, Thompson e Marchant (1995) sugeriram que o “limite de contacto” fosse 1,6 m, sendo que quando a distância entre indivíduos é maior que este valor, a sua velocidade de deslocamento não é afectada. Estes indicam uma velocidade de deslocamento de 1,7 m/s para homens e 0,8 m/s para mulheres (sendo a média de ambos 1,4 m/s). De acordo com este modelo, a velocidade diminui com o aumento da distância interpessoal (abaixo de 1,6 m), alcançando o valor zero quando os indivíduos estão tão próximos que a distância interpessoal equivale às dimensões corporais.

Orientações sobre os efeitos da densidade dos ocupantes e as velocidades de deslocamento foram apresentadas em Nelson e Mowrer (2002). Se a densidade populacional é inferior a 0,54 pessoas/m² nos corredores de saída de emergência, os indivíduos movem-se ao seu próprio ritmo, independentemente da velocidade dos restantes. O movimento cessa quando a densidade populacional excede 3,8 pessoas/m². Entre estes limites, a velocidade é dada pela seguinte equação:

$$S = k - akD \quad (\text{Equação 3.1})$$

onde:

S - Velocidade de evacuação (m/s)

D - Densidade de pessoas por unidade de área (pessoas/ m²)

k - Constante dependente do tipo de caminho de evacuação, igual a 1,4 em trajectórias horizontais

a - Coeficiente do modelo hidráulico, igual a 0,266

O valor de k é constante e igual a 1,4 para qualquer trajectória horizontal, seja o movimento em corredores, em rampas ou portas.

Para além desta equação, a velocidade de descolamento de ocupantes normais, em função da densidade pode

ser calculada a partir da Figura 3.4, sendo que o tipo de escada depende da altura do espelho e tamanho do cobertor da mesma, referido na Tabela 3.4.

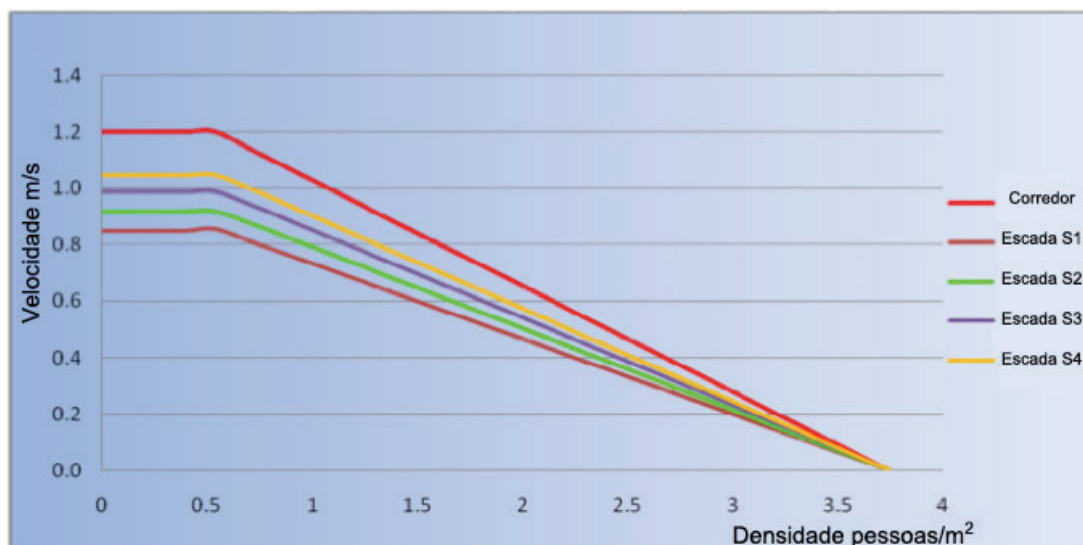


Figura 3.4 – Velocidade de deslocamento em função da densidade populacional (European Guideline, 2009)

É necessário ter também em consideração outros grupos de pessoas adultas com incapacidade física ou cognitiva. Por esta razão, Proulx (2002) estimou que a velocidade de deslocamento seria cerca de 0,45 m/s para pessoas idosas e crianças com menos de 6 anos. A velocidade de deslocamento de adultos pode ter também como obstáculos trolleys, bagagens ou crianças levadas pela mão, sofrendo assim variações de 0,22 a 0,79 m/s. Foram feitas também algumas estimativas considerando pessoas incapacitadas fisicamente, confirmando-se uma variação individual da velocidade de deslocamento. Algumas referências são fornecidas com base em estudos experimentais, sendo as apresentadas na Tabela 3.3 retiradas do “SPFE: Handbook of Fire Protection Engineering” (2002).

Tabela 3.3 – Velocidade de deslocamento – Ocupantes com dificuldades motoras - Superfícies horizontais (SPFE, 2002)

Velocidade em superfícies horizontais				
Grupo de estudo	Média	Desvio-padrão	Amplitude	Amplitude interquartil
Com dificuldades locomotoras	0,80	0,32	0,24-1,68	0,57-1,02
Muletas	0,94	0,30	0,63-1,35	0,67-1,24
Bengala	0,81	0,38	0,26-1,60	0,49-1,08
Andarilho	0,57	0,29	0,10-1,02	0,34-0,83
Sem dificuldades locomotoras	1,25	0,32	0,82-1,77	1,05-1,34
Cadeira de rodas eléctrica	0,89	-	0,85-1,77	-
Cadeira de rodas manual	0,69	0,35	0,13-1,35	0,38-0,94
Cadeira de rodas manual assistida	1,30	0,94	0,84-1,98	1,02-1,59
Deslocamento assistido	0,78	0,34	0,21-1,40	0,58-0,92

A síntese da velocidade de fuga em trajectos horizontais segue-se no gráfico da Figura 3.5.

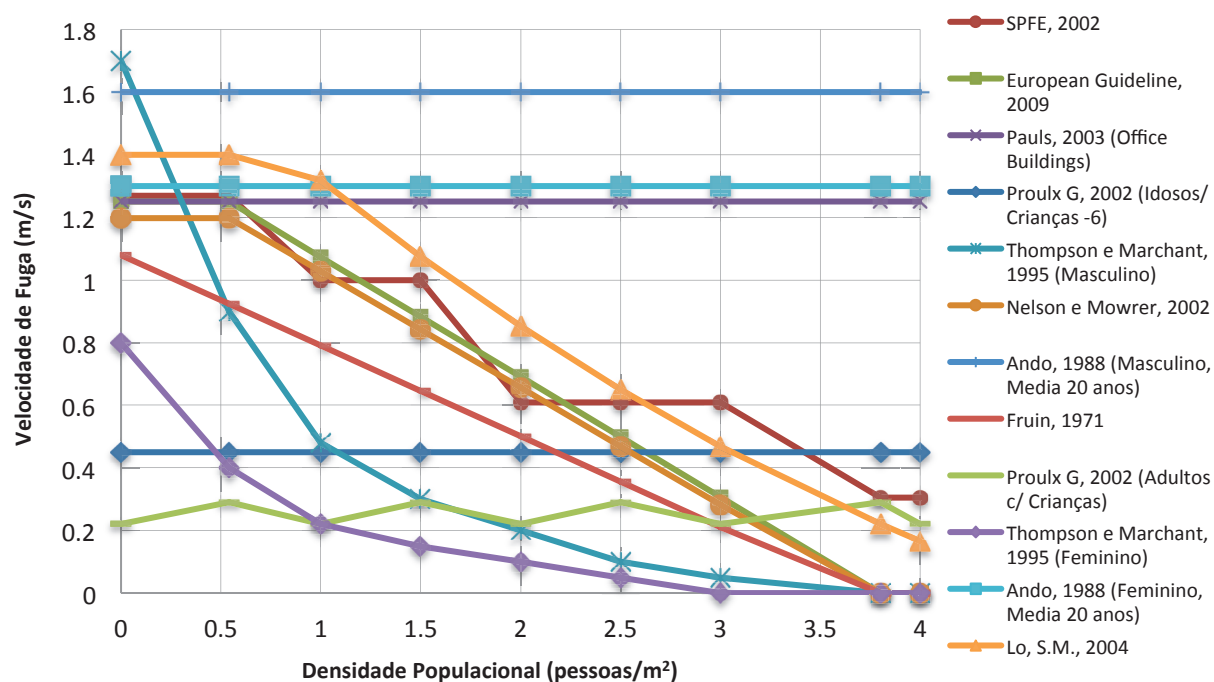


Figura 3.5 – Velocidade de deslocamento horizontal

3.4.2 Velocidade fuga vertical

As escadas são normalmente, o elemento do caminho de fuga que limita o fluxo de evacuação. A evolução do movimento ao longo das escadas é, em muitos aspectos, semelhante ao que se verifica nos corredores.

Ando (1988), refere velocidades em escadas desimpedidas de cerca de 0,8 m/s para trajectórias a descer e 0,7 m/s a subir.

Fuin (1971), apresentou uma série de valores para a velocidade de deslocamento em escadas, de acordo com a idade e o sexo. Para trajectórias a descer, as variações foram de 1,01 m/s para homens com menos de 30 anos, a 0,595 m/s para mulheres com idade superior a 50 anos. Para trajectórias a subir, a variação foi de 0,67 m/s também para homens com idade inferior a 30 anos, a 0,485 m/s para mulheres acima de 50 anos. Este, calculou as velocidades a partir de observações feitas em dois tipos de escadas, uma cujo degrau tinha 17,8 cm de espelho e 28,6 cm de cobertor e outra com degraus de 15,2 cm de espelho e 30,5 cm de cobertor.

Nelson e Mowrer (2002), apresentaram velocidades de deslocamento para quatro tipos diferentes de escadas (de espelho entre 16,5 cm e 19 cm, e de cobertor entre 25,4 cm a 33 cm). As velocidades de deslocamento, variam assim entre 0,85 m/s a 1,05 m/s, onde a velocidade aumenta com o diminuição do tamanho do espelho. Não referem diferenças entre um trajecto a subir ou a descer, nem dados relativos ao sexo e à idade.

Os efeitos da densidade na velocidade em trajectos verticais são dados pela Equação 3.1 usando constantes diferentes para K, como demonstrado na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Factor K para cálculo da velocidade (SPFE, 2002)

Tipo de Escada	Espelho da escada (mm)	Cobertor da escada (mm)	K (m/s)
S1	190	254	1
S2	272	279	1,08
S3	165	305	1,16
S4	165	330	1,23

A Figura 3.4 do sub-capítulo anterior indica (em comparação com o deslocamento em corredores) as velocidades em cada um dos tipos de escada para as diferentes densidades ocupacionais.

As estimativas sobre a velocidade em escadas para grupos debilitados, segundo o SPFE (2002) estão representadas na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Velocidades de deslocamento em escadas – Movimento ascendente e descendente [m/s] (SPFE, 2002)

A subir				
Grupo de estudo	Média	Desvio-padrão	Amplitude	Amplitude interquartil
Com dificuldades locomotoras	0,38	0,14	0,13-0,62	0,26-0,52
Sem ajudas	0,43	0,13	0,14-0,62	0,35-0,55
Muletas	0,22	-	0,19-0,31	0,26-0,45
Bengala	0,35	0,11	0,18-0,49	-
Andarilho	0,14			
Sem dificuldades locomotoras	0,70	0,24	0,55-0,82	0,55-0,78
A descer				
Grupo de estudo	Média	Desvio-padrão	Amplitude	Amplitude interquartil
Com dificuldades locomotoras	0,33	0,16	0,11-0,70	0,22-0,45
Sem ajudas	0,36	0,14	0,11-0,70	0,20-0,47
Muletas	0,22	-	-	-
Bengala	0,32	0,12	0,11-0,49	0,24-0,46
Andarilho	0,16	-	-	-
Sem dificuldades locomotoras	0,70	0,26	0,45-1,10	0,53-0,90

A síntese da velocidade de fuga em trajectos verticais descendentes é apresentado no gráfico da Figura 3.6.

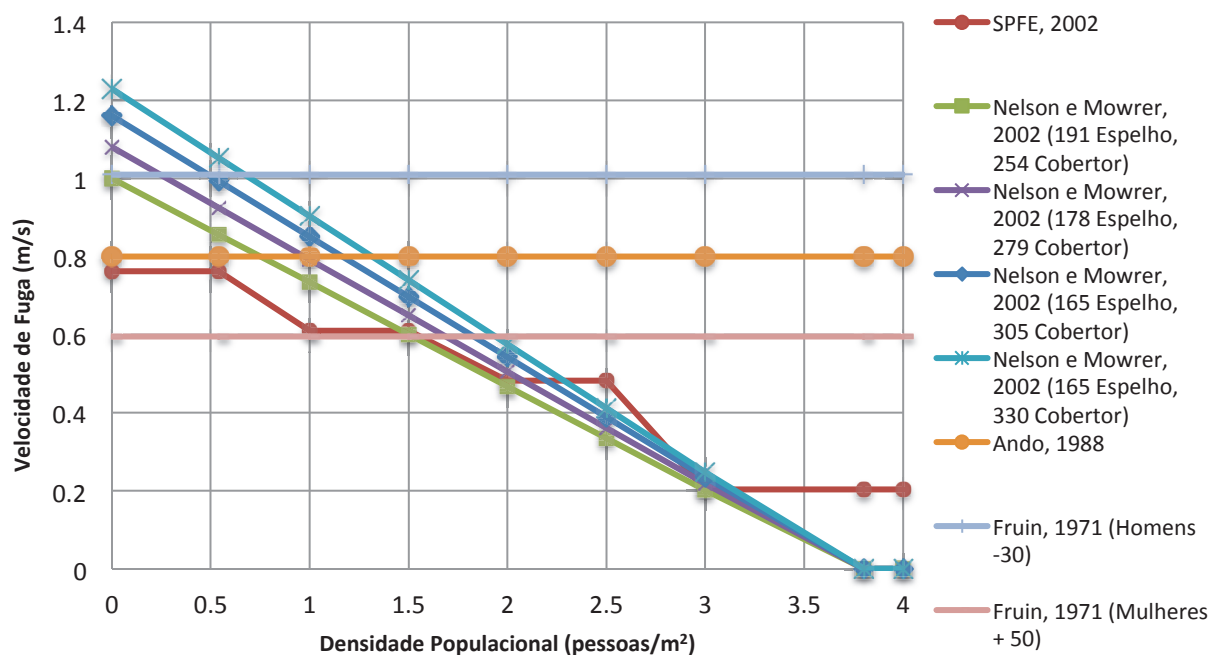


Figura 3.6 – Velocidade de deslocamento vertical descendente

Na Figura 3.7, está representado o gráfico de velocidades de deslocamento vertical ascendente.

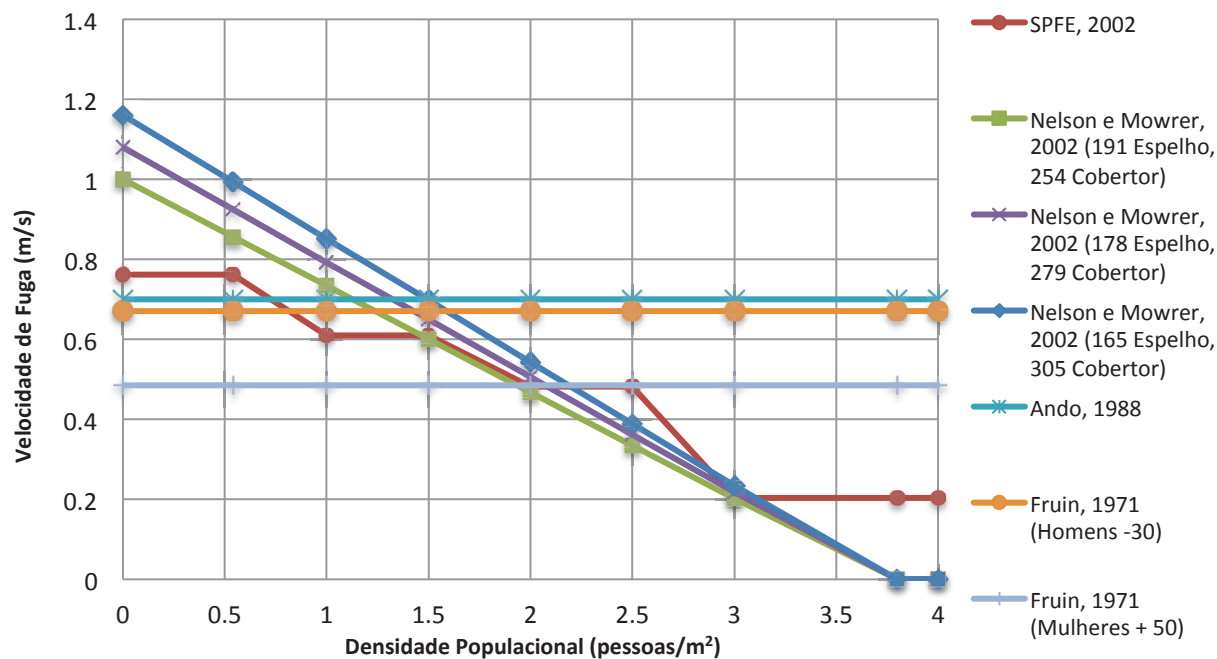


Figura 3.7 – Velocidade de deslocamento vertical ascendente

3.4.3 Taxas máximas de fluxo

As saídas são o outro elemento das vias de evacuação, para além das escadas, que normalmente condicionam o movimento das pessoas.

As taxas de fluxo máximo na vias de evacuação sintetizam o número de ocupantes máximo que atravessa determinado ponto, seja ele uma porta ou um corredor, por unidade de tempo, mais comumente, por segundo. Este fluxo tem em conta a largura efectiva se for calculado por Nelson e Mowrer (2002).

O Approved Document B (ADB), fornece um guia de requisitos dos regulamentos de segurança contra incêndio ingleses (England and Wales Building Regulations). Usando os valores propostos de escoamento pelo ADB na terceira coluna da Tabela 3.6, o tempo requerido para um ocupante ser evacuado do recinto considerando que o mesmo contém o número máximo de ocupantes projectado é de 150 s (2,5 min). A Tabela 3.6 indica a taxa de fluxo máxima de acordo com o número de ocupantes (ADB, 2000).

A capacidade de escoamento máxima projectada de forma sustentável, prevista no ADB (2000) é de 1,33 pessoas/m.s⁻¹, sendo que a largura efectiva é a largura livre de escoamento. Isto contrasta com um valor mais conservativo em Nelson e Mowrer de 1,3 pessoas/ m.s⁻¹, em que são subtraídas duas espessuras de 0,15 m à largura real para obter a largura livre de escoamento.

Tabela 3.6 — Capacidade de fluxo máximo e larguras mínimas das saídas de evacuação (ADB, 2000)

Número máximo de pessoas	Largura mínima (mm)	Capacidade de fluxo máximo (pessoas/ m.s ⁻¹)
50	750	0,44
110	850	0,86
220	1050	1,40
Mais de 220	5 por pessoa	1,33

O fluxo específico F_e , é o número de pessoas que atravessam uma determinada secção por unidade de tempo e por unidade de largura efectiva L_e do elemento de evacuação envolvido, e é determinado pela expressão seguinte:

$$F_e = S \cdot D \quad (\text{Equação 3.2})$$

onde:

F_e - Fluxo específico

D - Densidade de pessoas por unidade de área (pessoas/m²)

S - Velocidade de evacuação (m/s)

O fluxo específico nos diferentes elementos do caminho de evacuação não pode exceder determinados valores

para cada tipo de caminho de evacuação (European Guideline, 2009). Esses valores são apresentados na Tabela 3.7.

Nelson e Mowrer (2002) fornecem diferentes fluxos específicos para escadas e para trajectos horizontais, enquanto que nenhuma dedução foi feita nos fluxos de escoamento em escadas no ADB (2000).

Tabela 3.7 – Fluxo específico máximo em trajectos verticais consoante o tipo de escadas (European Guideline, 2009)

Componente de evacuação		F_e (Pessoas/ m.s ⁻¹)	Velocidade Fuga (m/s)
Corredores, rampas e portas		1,19	1,19
Espelho da escada (mm)	Cobertor da escada (mm)		
S1: 190	254	0,94	0,85
S2: 272	279	1,01	0,95
S3: 165	305	1,09	1,00
S4: 165	330	1,16	1,05

Através do valor sugerido por Nelson e Mowrer (2002) para o fluxo específico em saídas de emergência, ou seja, 1,3 pessoas/ m.s⁻¹, no caso de um edifício com uma população de 900 indivíduos e 4 saídas de emergência disponíveis cada uma com 1,125 m de largura real, subtraindo as larguras de 2 x 0,15 m em cada saída, resulta num tempo de escoamento de 210 s (3,5 min).

Combinando as equações Equação 3.1 e a Equação 3.2, obtemos a Equação 3.3

$$F_e = (1 - aD)kD \quad (\text{Equação 3.3})$$

onde k é obtido pela Tabela 3.4 para percursos verticais. À medida que a densidade populacional aumenta, o fluxo específico aumenta para um máximo de densidade de 1,9 pessoas/m². Para densidades superiores, o fluxo de escoamento cai para zero à densidade de 3,77 pessoas/m². O fluxo específico máximo para escadas é apresentado na Tabela 3.7.

F_e - Fluxo específico (pessoas/ m.s⁻¹)

D - Densidade de pessoas (pessoas/m²)

k - Factor de velocidade

a - Constante 0,266 m²/pessoa

Mesmo sendo o fluxo específico função da densidade, este varia com o quadrado da mesma e não é directamente proporcional como acontece com a velocidade. O diagrama seguinte descreve o andamento do fluxo específico em percursos verticais e horizontais. O diagrama consiste numa parábola negativa cuja concavidade aponta para baixo. Na parte esquerda da parábola o fluxo aumenta devido ao aumento da densidade. O máximo do fluxo de escoamento é atingido quando a densidade é de 1,9 pessoas/m². Na parte direita, a parábola diminui e o fluxo de escoamento específico é zero à densidade de 3,8 pessoas/m².

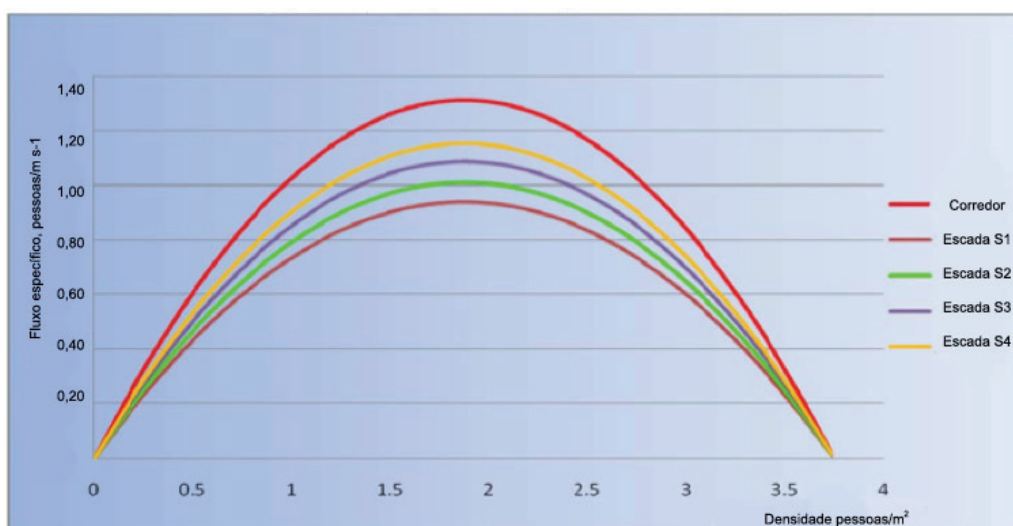


Figura 3.8 – Fluxo específico em função da densidade populacional (European Guideline, 2009)

Como referido anteriormente, as taxas de fluxo são afectadas pelas camadas limite, que devem ser subtraídas à largura real de uma via de evacuação, porta ou escada. A Tabela 3.8 sintetiza as taxas de fluxo máximas determinadas por diversas referências bibliográficas.

Tabela 3.8 – Síntese dos fluxos de escoamento máximos (PD 7974-6, 2004)

Fonte	Fluxo Máximo de Projecto	Capacidade de Fluxo Último	Comentários
	pessoas/m.s ⁻¹	pessoas/m.s ⁻¹	
ADB (2000)	1,33 (a)		Código padrão britânico para edifícios
Poyner, Robinson, et al. (1972)	1,37		Dados retirados de multidões em jogos de futebol
The Home Office (1976)	1,82		Baseados em cálculos Japoneses de 60 pessoas/0,55m/min por metro de largura disponível
Hankin and Wright (1958)	1,48	1,92	Utentes do metro de Londres
Fruin (1971)	1,37	4,37	Efeito afunilamento no fluxo máximo
Ando, et al. (1988)		1,7 – 1,8	Utentes das estações ferroviárias japonesas
Aqua Group (1984)	1,5		Texto de concepção geral
Predtechenskii and Milinskii (1969)		1,83	Condições de emergência em adultos de meia-idade
Nelson and Mowrer (2002)	1,3 (b)		Duas camadas com espessura de 0,15m retiradas à largura da saída
Polus et al. (1983)	1,25-1,58	1,58	Movimento de pedestres nas calçadas de Israel

a) Derivado da capacidade de saída

b) Método de largura efectiva

A terceira coluna da tabela mostra a capacidade de escoamento máxima implícita para a população em estudo, numa saída que permite a passagem da mesma em 2,5 minutos.

Para qualquer ponto num percurso de evacuação, a taxa de fluxo F_c (pessoas/segundo), é a taxa de fluxo específico multiplicado pela largura efectiva, como dada pela Equação 3.4 (ISO 16738, 2009).

$$F_c = F_e * L_e \quad (\text{Equação 3.4})$$

Onde L_e é a largura efectiva expressa em metros.

O tempo de passagem, t_p , é o intervalo de tempo decorrente da passagem por um ponto específico numa via de evacuação por um grupo de ocupantes. É expresso em minutos e é dado pela Equação 3.5 (PD 7974-6, 2004; ISO 16738, 2009)

$$t_p = P/F_c \quad (\text{Equação 3.5})$$

onde

- F_c é o fluxo de passagem, expresso em pessoas/min;
- P é o número de ocupantes num determinado ponto a evacuar, expresso em número de pessoas.

No desenvolvimento desta dissertação, não foi contemplado o uso do método da taxa máxima de fluxo para o cálculo de intervalos de tempo de fuga. Porém, é um método válido que permite uma outra abordagem desta variável. Desta forma, torna-se importante a exposição não só da taxa máxima de fluxo populacional, mas também do efeito do fumo na velocidade de fuga, como será abordado no sub-capítulo seguinte.

3.4.4 Efeitos do fumo na velocidade de deslocamento e parâmetros de segurança para o fumo, gases tóxicos e calor

A decisão de as pessoas se moverem através de um espaço enfumado surge ligada, principalmente, à capacidade de ainda identificarem a localização da saída e a possibilidade de estimarem a distância a percorrer.

A presença de fumo terá impacto no movimento de várias formas (PD 7974-6, 2004):

- Pode diminuir a probabilidade dos ocupantes se moverem para uma determinada área ou continuarem o processo de evacuação;
- Pode reduzir as suas velocidades de deslocamento, tanto como pela densidade como pela irritabilidade do fumo;
- As saídas de emergência que emanam fumo podem afectar a escolha dos ocupantes que se mostrem relutantes a entrar nas referidas;
- A exposição a gases asfixiantes ou ao calor, pode levar à incapacitação dos ocupantes.

A Figura 3.9 mostra os efeitos da exposição ao fumo não irritante e ao fumo irritante da combustão da madeira, na velocidade de deslocamento à luz do dia e na escuridão (JIN, 1975). Também é descrita a

densidade de fumo à qual 30% das pessoas vão voltar atrás em vez de continuar (Wood, Bryan, 1972).

A equação que traduz a relação entre a velocidade de deslocamento e a densidade óptica do fumo (D/m) é dada por (BS 7899-2, 1999; PD 7479-6, 2004):

- Velocidade de deslocamento com fumo não irritante (m/s)
 - $V_{ni} = 1,36 - 1.9 \times \text{densidade óptica do fumo (D/m)}$
- Velocidade de deslocamento com fumo irritante (m/s)
 - $V_i = 2,27 - 9 \times \text{densidade óptica do fumo (D/m)}$

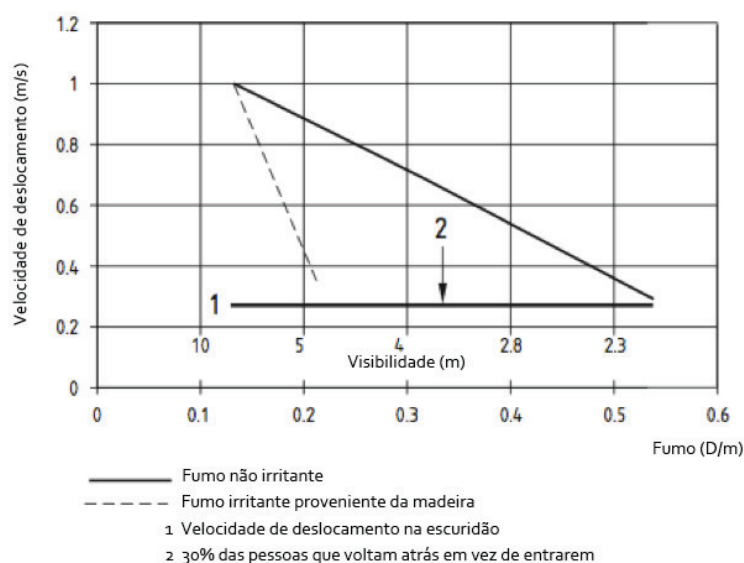


Figura 3.9 – Velocidade de deslocamento em fumo irritante e não irritante (PD 7479-6, 2004)

A Tabela 3.9 mostra o principal critério usado no cálculo dos limites de segurança. Tendo em consideração que o fumo de incêndios em edifícios é considerado irritante, um limite de segurança de $D/m = 0,2$ é recomendado para recintos de pequenas dimensões tais como habitações. Para recintos maiores, como em edifícios públicos, um limite de segurança de $D/m = 0,08$ é proposto, de forma a que os ocupantes possam orientar-se e encontrar uma saída.

Tabela 3.9 – Limites de segurança do fumo (PD 7974-6, 2004)

Densidade (D/m) e irritabilidade do fumo	Visibilidade aproximada	Efeitos reportados
Nenhum	Não afectado	Velocidade de deslocamento 1,2 m/s
0,5 não irritante	2 m	Velocidade de deslocamento 0,3 m/s
0,2 irritante	Reduzido	Velocidade de deslocamento 0,3 m/s
0,33 misturado	3 m	30% das pessoas voltam atrás em vez de entrarem
Limite de segurança sugerido para edifícios com:		
recintos e distâncias pequenas	$D/m = 0,2$ (5 m de visibilidade)	

Densidade (D/m) e irritabilidade do fumo	Visibilidade aproximada	Efeitos reportados
recintos e distâncias grandes	D/m = 0,08 (10 m de visibilidade)	

Estes limites têm como objectivo permitir uma evacuação em segurança da maioria dos ocupantes do edifício. Em algumas situações os ocupantes podem tentar sair com fumo ainda mais denso tendo de haver também em consideração a importância a toxicidade dos gases e do calor.

Acima de determinadas concentrações, é considerada que a exposição a gases irritantes do fumo irá prejudicar gravemente ou mesmo impedir a fuga. Porém, na maioria dos fogos com chamas correntes, as concentrações dos gases irritantes será mais baixo do que este caso. Os incêndios latentes onde praticamente não existe chama podem ser uma excepção, onde os componentes orgânicos irritantes tendem a estar em elevada quantidade, bem como os incêndios que envolvam combustíveis que libertem significativas quantidades de gases ácidos (como o HCl, HBr, HF, SO₂, NO_x). As orientações para a estimativa do grau de toxicidade nos incêndios referidos são descritas na BS 7899-2 e em Purser (2002).

Os gases asfixiantes podem causar a perda dos sentidos quando é inalada uma dose suficientemente elevada. Isto depende da concentração da mistura dos gases asfixiantes e da duração da exposição aos mesmos. Orientações mais detalhadas sobre a estimativa dos efeitos individuais dos gases asfixiantes são referidas na norma BS 7899-2 e Purser (2002). Um limite de segurança proposto para projectos de SCIE é dado pela multiplicação do factor 0,3 pela dose efectiva fraccional (DEF) para a incapacitação.

Uma vez que existe uma relação entre a densidade do fumo e as concentrações de gases irritantes e asfixiantes em incêndios, é considerado que, quando é respeitado o limite de segurança proposto de $D/m = 0,2$, a maioria dos incêndios serão suportáveis no período de pelo menos 30 minutos no que diz respeito aos gases asfixiantes (PD 7974-6, 2004).

Outra abordagem simples consiste na atribuição de limites de segurança para diferentes tempos de exposição baseados nas concentrações de monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxigénio e cianeto de hidrogénio nos efluentes do incêndio. A Tabela 3.10 contém alguns dos limites de tempos de exposição propostos para gases asfixiantes baseados no limite de segurança de $0,3 \times DEF$, para condições normais de incêndios em edifícios, usando as equações de cálculo da DEF da norma BS 7899-2.

São propostas duas categorias distintas de incêndios, uma para incêndios que envolvam combustíveis que contenham quantidade significativas de componentes com azoto, originado por móveis ou roupa ($> 2\%$ de azoto por unidade de combustível, como acontece em incêndios residenciais ou lojas comerciais); outra para incêndios que envolvam materiais predominantemente celulósicos ou com pouco azoto ($< 2\%$ de nitrogénio por unidade de combustível, sendo exemplo os incêndios em edifícios de escritórios). Para ambos os casos, uma combustão moderada possui uma relação CO₂:CO de 10:1. Para a primeira categoria é considerado uma proporção de CO:HCN de 12,5:1 e para a outra, a proporção é superior a 50:1. Estes resultados são expressos

em meios com uma concentração máxima de CO e assumindo que os restantes gases estão presentes nas proporções indicadas.

Tabela 3.10 – Limites de exposição de concentrações para gases asfixiantes expressos em concentração de CO por 5 e 30 minutos de exposição (PD 7974-6, 2004; European Guideline, 2009)

Categoria	Asfixia à máxima concentração de CO (ppm)	
	Tempo de exposição	
	5 minutos	30 minutos
Combustível contém azoto (>2%)	800	125
Combustível com pouco azoto (<2%)	1200	275

Os limites de segurança propostos para o calor emanado são baseados no tempo disponível até ao início da percepção de dor à superfície da pele, sem qualquer protecção adicional. A Tabela 3.11 fornece os limites referidos com base na norma BS 7899-2 e Purser (2002). Os limites de segurança propostos são de $2,5 \text{ kW.m}^{-2}$ de exposição ao calor irradiado, a 115°C numa exposição de 5 minutos e a 68°C numa exposição de 30 minutos (com uma humidade atmosférica inferior a 10%). Para atmosferas saturadas com vapor de água (como é o caso de incêndios em edifícios equipados com Sprinklers), a temperatura limite de 60°C é a recomendada para qualquer exposição superior a 30 minutos.

Tabela 3.11 – Limites de segurança para o calor de convecção e de radiação (PD 7974-6, 2004; European Guideline, 2009)

Modo de transferência de calor	Intensidade	Tempo de tolerância
Radiação	$< 2,5 \text{ kW m}^{-2}$	$> 5 \text{ min}$
	$2,5 \text{ kW m}^{-2}$	30 s
	10 kW m^{-2}	4 s
Convecção	$< 60^{\circ}\text{C}$ 100% saturada	$> 30 \text{ min}$
	$100^{\circ}\text{C} < 10\% \text{ H}_2\text{O}$ (a)	8 min
	$110^{\circ}\text{C} < 10\% \text{ H}_2\text{O}$	6 min
	$120^{\circ}\text{C} < 10\% \text{ H}_2\text{O}$	4 min
	$130^{\circ}\text{C} < 10\% \text{ H}_2\text{O}$	3 min
	$150^{\circ}\text{C} < 10\% \text{ H}_2\text{O}$	2 min
	$180^{\circ}\text{C} < 10\% \text{ H}_2\text{O}$	1 min

(a) volume/volume

À semelhança do sub-capítulo 3.4.3, esta secção aborda a velocidade de fuga tendo em conta o efeito do fumo e gases tóxicos produzidos num incêndio. Porém, no desenvolvimento desta dissertação, esta variável não foi considerada, apesar de ser importante estudá-la em estudos futuros relativos ao tema em questão.

3.5 Tempo necessário para a fuga

Na maioria dos incêndios, a evacuação dos ocupantes é uma constante. Um princípio básico de um projecto baseado no desempenho, é que o tempo disponível para a fuga em segurança (T_{dfs}) tem de ser maior do que o tempo necessário para a fuga em segurança (T_{nfs}). Tem também de ser contemplada uma margem de segurança apropriada tendo em conta os riscos associados a diferentes cenários de incêndios e às incertezas no prognóstico do T_{dfs} e T_{nfs} em cenários particulares (Lourenço, 2012).

Um projecto ideal de segurança contra incêndios deve assegurar que os ocupantes do edifício sejam capazes de alcançar um local seguro sem nunca contactarem directamente ou mesmo aperceberem-se do calor/chamas. Isto deve ser o principal critério no projecto, em prol da segurança da maioria dos ocupantes (BS 7974 e BS ISO/TR 13387-8). Estimar o tempo necessário para a evacuação em situações onde os ocupantes não são directamente afectados pelo calor, é um critério importante a definir.

Existirão inevitavelmente alguns casos onde alguns ocupantes se aperceberão ou ficarão expostos às chamas, particularmente quando estes se encontram perto da origem do incêndio. Isto pode variar entre ver fogo/fumo ou ficar exposto a uma ligeira contaminação de fumo, comum na maioria dos incêndios acidentais, até exposições que podem ameaçar a vida dos ocupantes, como na maioria dos desastres por incêndio em edifícios. Em todos estes casos, é importante ser capaz de avaliar os efeitos mais prováveis de exposições deste tipo, bem como a avaliação de riscos.

De forma a alcançar estas avaliações, são necessárias informações detalhadas nas 4 áreas principais (PD 7974, 2004):

- o projecto do edifício e o sistema de emergência de SCIE;
- as características dos ocupantes;
- a dinâmica da simulação do incêndio;
- os efeitos da intervenção.

A resposta dos ocupantes face a uma situação de incêndio é influenciada por uma série de variáveis nestas quatro categorias, relacionadas com a caracterização dos ocupantes em termos do seu número, a distribuição no interior do edifício, a familiarização com o edifício, as suas capacidades cognitivas, comportamentos e outros atributos, a caracterização do edifício, incluindo a sua utilização, arquitectura e serviços, a difusão de avisos oportunos, meios de evacuação e estratégias/planos de emergência, a interação de todos esses recursos com o cenário de incêndio em desenvolvimento e a implementação de uma intervenção de emergência (ISO 16738, 2009).

O tempo requerido para a fuga depende de uma série de processos que consistem em:

- tempo entre a ignição e a detecção do incêndio;

- tempo entre a detecção e o alerta geral de evacuação para os ocupantes;
- tempo de evacuação que compreende duas fases principais:
 - ✓ tempo de pré-movimento: tempo entre o instante em que os ocupantes tomam conhecimento da emergência e o instante em que começam a deslocar-se para uma saída
 - ✓ tempo de movimento: tempo necessário para que os ocupantes alcancem um local seguro.

O tempo de deslocação pode ser condicionado pela procura de uma saída e pela escolha da mesma entre várias possíveis.

A previsão do T_{nfs} exige uma estimativa das curvas de concentração/intensidade para os principais produtos tóxicos como o fumo e o calor em ordem ao tempo (PD 7974-0 a PD 7974-3).

O cálculo do tempo necessário para a fuga em segurança depende da detecção, dos avisos e de uma série de parâmetros relacionados com o comportamento dos ocupantes durante a evacuação. A caracterização e determinação do comportamento de evacuação pode ser simplificada em termos de duas grandes categorias de comportamento (Lourenço, 2012):

- Comportamentos de pré-movimento: são os que estão envolvidos em respostas dos ocupantes antes de estes começarem a deslocar-se para saídas de emergência. Embora estes comportamentos possam envolver períodos em que os ocupantes se encontram inactivos, muitos levam a outras acções que não incluem a deslocação para saídas de emergência. Esta fase pode comprometer uma grande parte do tempo de evacuação total;
- Comportamento do deslocamento: os que envolvem a movimentação física dos ocupantes para e através de saídas de emergência.

Tendo em conta todos os factores anteriormente referidos, obtém-se a seguinte expressão que sintetiza o tempo necessário para a fuga em segurança (PD 7974-6, 2004; ISO 16738, 2009; Lourenço, 2012):

$$t_{nfs} = t_{det} + t_{alar} + (t_{pre} + t_{desl}) \quad (Equação 3.8)$$

A evacuação imediata aquando da detecção de um incêndio é muitas vezes desaconselhada em muitos tipos de edifícios. Em edifícios de grandes dimensões, são preferidas estratégias de evacuação faseadas, onde os ocupantes são evacuados progressivamente. Para tais edifícios, a capacidade das saídas de emergência são insuficientes para uma rápida evacuação simultânea de todos os ocupantes do edifício.

Um esquema simplificado do processo de fuga está ilustrado na Figura 3.10.

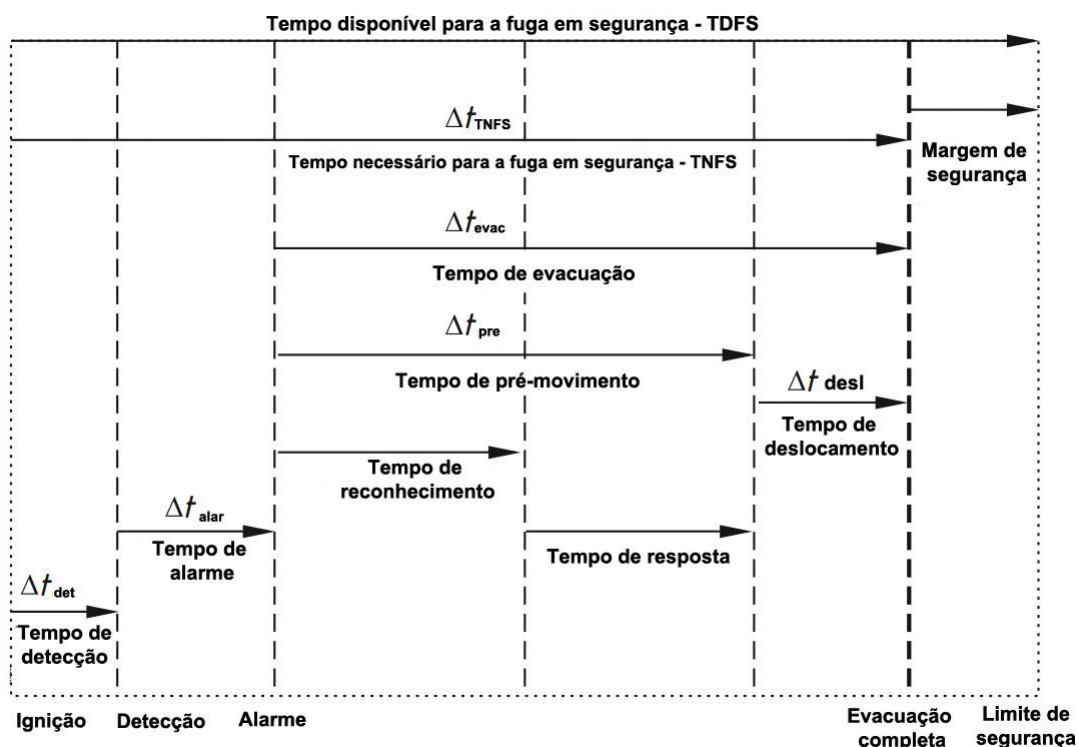


Figura 3.10 – Esquema simplificado dos processos envolvidos no tempo de fuga (PD7974-6, 2004; ISO 16738, 2009)

De seguida, serão descritas em detalhe cada uma das parcelas referidas na Figura 3.10, de modo a fazer um complemento ao tempo disponível para a fuga em segurança e, mais concretamente, ao tempo de deslocamento, essencial para o desenvolvimento da presente dissertação.

3.5.1 Tempo de detecção

O tempo de detecção depende do sistema utilizado e do projecto de SCIE. A detecção automática é considerada essencial para o desempenho do projecto. Num sistema de alarme automático, o tempo de detecção depende da sensibilidade do sistema (Lourenço, 2012).

Na falta de um sistema automático de detecção, o tempo de detecção é estimado com base em diversos cenários de incêndio. As características de um cenário de incêndio que pode causar um atraso na detecção de incêndio são (BS 7899-2, 1999; ISO 16738, 2009):

- Características dos ocupantes: destreza sensorial e actividades em que estão envolvidos;
- Características do edifício;
- Característica do incêndio: velocidade de propagação, fumo, entre outros.

3.5.2 Tempo de alarme *

O tempo de alarme depende do sistema usado no local:

- Nível 1 - Quando a detecção automática dispara de imediato um alarme geral, o tempo de aviso pode ser tomado como 0s.

- Nível 2 - Neste caso o edifício possui um sistema de alarme automático, mas o alarme geral, não é imediato. Um pré-alarme é emitido para a sala de segurança (sistema de pré-alarme). Neste caso, o tempo de pré-alarme depende da estratégia de gestão da segurança. Em todo o caso, o tempo de pré-alarme deve ir de 2 a 5 minutos. A avaliação da gestão de segurança permite uma definição mais exata do alarme activado e as zonas em questão.

- Nível 3: Quando não existe aviso automático, mas apenas o aviso vocal, é provável que o tempo de aviso seja longo e imprevisível dependendo da presença e das acções dos ocupantes quando descobrem o incêndio. O tempo de aviso geral pode situar-se entre alguns minutos a várias horas. Neste caso, a definição do intervalo de tempo está longe de ser exacta pois depende do cenário de incêndio e das características dos ocupantes: idade, responsabilidade no edifício e a formação em caso de incêndio.

No planeamento de um sistema de alarme é importante ter em consideração a estrutura do edifício:

- Numa construção pequena de piso térreo, é necessário activar o mais rapidamente possível um alarme geral em todo o edifício (Nível 1);
- Num edifício de vários andares, é aconselhável ter um sistema de alarme faseado: o primeiro alarme a ser activado deverá ser o do piso afectado pelo incêndio e só depois devem ser activados os alarmes dos pisos acima para deste modo não existir uma evacuação simultânea e consequentemente um congestionamento nas saídas.

3.5.3 Tempo de pré-movimento

O tempo de pré-movimento pode ser subdividido em dois componentes: tempo de reconhecimento e tempo de resposta.

O tempo de reconhecimento pode ser definido como o tempo compreendido entre o alarme geral e o início da sua resposta. Em pequenos edifícios, e com sistemas de alarme eficientes, o reconhecimento dá-se em períodos previsivelmente pequenos que podem variar entre uns segundos a 2 minutos. Em contrapartida, em edifícios de maior envergadura onde é provável que alguns ocupantes se encontrem afastados do incêndio,

* Este sub-capítulo foi redigido segundo as orientações presentes na norma PD 7974-6:2004.

pode-se observar períodos superiores a uma hora até que se dê o reconhecimento do alarme (PD 7974-6, 2004; ISO 16738, 2009; Lourenço, 2012).

O tempo de resposta ao alarme compreende o espaço de tempo entre o momento em que os ocupantes decidem evacuar o edifício e o momento em que iniciam o seu deslocamento para os corredores de saída. Neste intervalo de tempo, os ocupantes tendem a ter alguns comportamentos tais como (Purser, 2009):

- Comportamentos de investigação, tais como tentar determinar a causa do incêndio, o estado e a importância do alarme;
- Desligar máquinas e proteger bens pessoais e materiais;
- Procurar e agrupar pessoas mais vulneráveis como idosos ou crianças e outros membros da família;
- Combate ao incêndio;
- Escolher a via de evacuação mais apropriada;
- Alertar outros ocupantes.

Em muitos casos, os ocupantes subestimam o perigo que correm e tentam combater o incêndio por eles próprios, deste modo, estar no mesmo espaço que o fogo não significa necessariamente uma evacuação instantânea.

Através na Figura 3.11, é possível verificar que as ações relativas, estudadas em 110 edifícios com uma média de 80 ocupantes por edifício, podem ser relacionadas numa escala temporal onde é possível observar que as primeiras ações tomadas pelos ocupantes são a investigação da origem do fogo, seguida da entre-ajuda entre os mesmos e por fim a fuga. Existem outras ações tomadas pelos ocupantes mas que não têm tanta expressividade (Purser, 2009). Este tipo de ações é necessário ser considerado para a quantificação do tempo de pré-movimento na evacuação de um edifício de habitação.

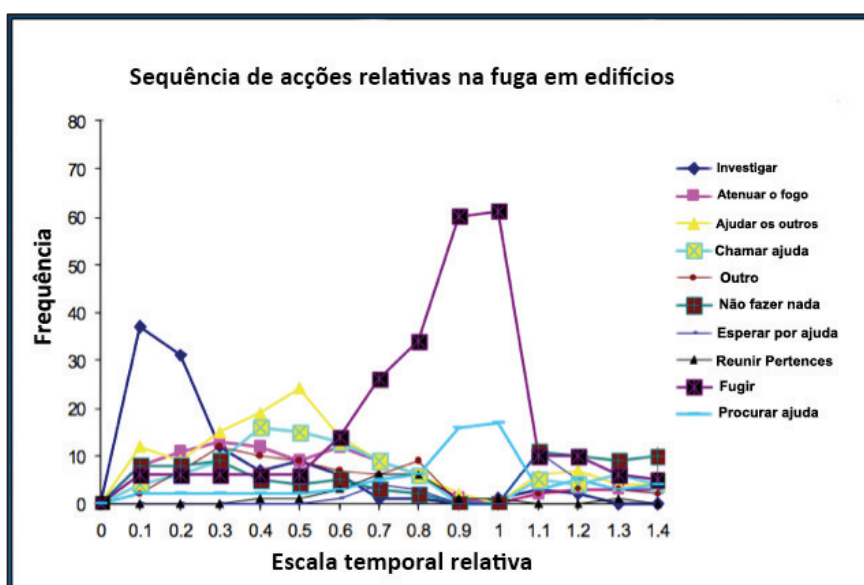


Figura 3.11 – Sequência de ações relativas na fuga em edifícios (Purser, 2009)

Quantificação do tempo de pré-movimento

Há dois tipo de tempo que é preciso ter em consideração: o tempo de pré-movimento dos primeiros ocupantes (i.e 1º percentil) e o tempo de pré-movimento dos últimos ocupantes (i.e o 99ª percentil).

Na Tabela 3.12 pode ser observada uma estimativa do tempo de pré-movimento, mais especificamente, o primeiro percentil e o 99º percentil.

Tabela 3.12 – Tempos de pré-movimento segundo vários regulamentos [min]

Tempo de Pré-movimento						
	PD7974 (2004)		SFPE (2002)	NZ Framework (2008)		CIBSE Guide (2010)
	T1 ^a	T1 ^b		Local	Afastado	
Os ocupantes acordados e familiarizados com o edifício (escritório, industrial)						
Alerta vocal/ funcionários com formação	0,5 ^c	1 ^c	<1	0,5	1	1
Alarme sonoro geral em todo o edifício	1 ^c	2 ^c	3			
Alarme local/geral e funcionários sem formação	>15 ^c	>15 ^c	>4			
Ocupantes acordados e não familiarizados com o edifício (lojas de comércio, restaurantes, cinemas, teatros)						
Alerta vocal/ funcionários com formação	0,5 ^{d,e}	2 ^{d,e}	<2	0,5	1	3
Alarme sonoro geral em todo o edifício	1 ^c	2 ^c	3	1	2	
Alarme local/geral e funcionários sem formação	>15 ^c	>15 ^c	>4			
Ocupantes a dormir e familiarizados com o edifício (habitações)						
Alerta vocal/ funcionários com formação	-	-	<2	1	5	5
Alarme sonoro geral em todo o edifício	5	5	4			
Alarme local/geral e funcionários sem formação	10	>20	>5			
Ocupantes a dormir e familiarizados com o edifício (apart-hotel, residências)						
Alerta vocal/ funcionários com formação	10	20	<2	1	5	5
Alarme sonoro geral em todo o edifício	15	25	4			
Alarme local/geral e funcionários sem formação	>20	>20	>5			
Ocupantes a dormir e não familiarizados com o edifício (hotel, pensão)						
Alerta vocal/ funcionários com formação	15	15	<2	1	5	20
Alarme sonoro geral em todo o edifício	20	20	4		10	
Alarme local/geral e funcionários sem formação	>20	>20	>6			
Ocupantes acordados e a necessitar de assistência (centro de saúde, clínica, dentista)						
Alerta vocal/ funcionários com formação	0,5 ^f	2 ^f	<3	1	2	2

Tempo de Pré-movimento						
	PD7974 (2004)		SFPE (2002)	NZ Framework (2008)		CIBSE Guide (2010)
Alarme sonoro geral em todo o edifício	1 ^f	3 ^f	5			
Alarme local/geral e funcionários sem formação	>15 ^f	>15 ^f	>8			
Ocupantes acordados e a necessitar de assistência (hospital, serviços de enfermagem ao domicílio)						
Alerta vocal/ funcionários com formação	5	10	<3	5	30	-
Alarme sonoro geral em todo o edifício	10	20	5			
Alarme local/geral e funcionários sem formação	>10	>20	>8			

Nota a: Tempo de Pré-movimento dos primeiros ocupantes

Nota b: Tempo Pré-movimento dos últimos ocupantes

Nota c: Para um edifício grande e complexo, adicionar 0,5

Nota d: Para um edifício simples de vários-pisos, adicionar 0,5

Nota e: Para um edifício grande e complexo, adicionar 1,0

Nota f: Estes tempos dependem da presença ou não de funcionários

É possível obter tempos de pré-movimento a partir de outras fontes literárias. A Tabela 3.13 apresenta uma estimativa aproximada do tempo de pré-movimento, baseando-se em elementos já analisados na tabela anterior.

Tabela 3.13 – Tempos de pré-movimento [min] (European Guideline, 2009)

Tipo de Edifício	W1 (min)	W2 (min)	W3 (min)
Escritórios, edifícios industriais e de comércio, escolas, colégios e universidades (ocupantes acordados e familiarizados com o edifício, com o sistema de alarme e com a evacuação)	< 1	3	> 4
Lojas, museus, centros desportivos entre outros (ocupantes acordados mas que poderão não estar familiarizados com o edifício, sistema de alarme e evacuação)	< 2	3	> 6
Dormitórios e residências (ocupantes podem estar a dormir mas estão, na maioria, familiarizados com o edifício, sistema de alarme e evacuação)	< 2	4	> 5
Hotéis e pensões (ocupantes podem estar a dormir mas estão, na maioria, familiarizados com o edifício, o sistema de alarme e evacuação)	< 2	4	> 6
Hospitais, centros de dia e outros estabelecimentos institucionais (um número significativo de ocupantes pode necessitar de assistência)	< 3	5	> 8

W1: Orientações em directo usando um sistema de comunicação a partir da sala de controlo, ou orientações ao vivo com funcionários identificados e treinados, que podem ser vistos e ouvidos por todos os ocupantes

W2: Mensagens previamente gravadas sem orientações específicas e/ou informação visual de alarme

W3: Sistema de alarme através do alarme de incêndio e funcionários sem treino relevante

Nota:

- Para ocupantes em divisões pequenas onde o fogo se originou, que conseguem claramente ver fumo e chamas à distância, adoptar o tempo W1 que se adequa à situação.
- Para ocupantes em divisões grandes onde o fogo se originou, que conseguem claramente ver fumo e chamas à distância, adoptar o tempo W2 que se adequa à situação.
- Para ocupantes no exterior da divisão onde o fogo se originou, que não conseguem claramente ver fumo e chamas, adoptar o tempo que se ajuste ao sistema de alarme a actuar.

Nos projectos de SCIE essencialmente prescritivos para estabelecimentos comerciais, os tempos de evacuação tendem a ser restringidos pelo fluxo nas saídas de emergências quando se assume uma dada população em estudo. Para níveis de ocupação mais baixos, os tempos de pré-movimento e de deslocação podem ser os factores limitantes no tempo de evacuação, contudo o tempo de evacuação será menor do que o tempo de evacuação no caso de um maior fluxo mesmo com equipas de evacuação presentes no local (Lourenço, 2012).

3.5.4 Tempo de deslocação

O tempo de deslocação pode ser calculado de diversas formas, sendo que é sempre dependente da velocidade e da densidade populacional.

O método apresentado por Nelson e MacLennan (1995), calcula o tempo de deslocação de acordo com os fluxos máximos de dimensionamento, tendo apenas como dados a área dos fogos, corredores de circulação e escadas, e o número de habitantes por piso. Um exemplo deste cálculo é apresentado no Anexo A.

Os tempos obtidos para a evacuação do interior dos apartamentos através deste método, considerando o exemplo do anexo referido, são muito superiores à realidade, pois demorar cerca de 2 minutos e 33 segundos para evacuar um apartamento T4 de 110 m² em termos de tempo de deslocação, é claramente exagerado. Conclui-se assim, que este método não é aplicável para densidades muito baixas.

Existem outros métodos de cálculo dos tempos de evacuação tais como o método do BRE (Bellamy and Geter, 1990) e o método de Pauls (1988).

Pode também ser calculado o tempo máximo de evacuação fazendo uma análise à distância máxima presente nos diversos regulamentos conjugado com as velocidades analisadas no sub-capítulo 3.4.

3.5.5 Margem de segurança

As margens de segurança são os ajustes feitos para compensar a incerteza nos métodos, cálculos, suposições e apreciações no desenvolvimento de projetos de engenharia. As margens de segurança não precisam de ser necessariamente um número, por exemplo, no cálculo do tempo de evacuação para um grupo de ocupantes normais/sãos e ocupantes debilitados física e cognitivamente, uma margem de segurança inerente terá de ser tida em conta se o cálculo presume que a maioria dos ocupantes são pessoas com mobilidade reduzida, com uma velocidade de deslocamento mais lenta (Proulx, 2002; ISO 15928-4, 2011; Lourenço, 2012).

Por outro lado, os factores de segurança podem ser ajustes numéricos para alguns parâmetros calculados com alguma incerteza, a fim de proporcionar um adequado grau de fiabilidade. Os factores de segurança ou margens de segurança num projecto de SCIE podem variar, dependendo do tipo de avaliação e análise efectuada. Em cenários normais variam normalmente entre 1,5 e 2,0 minutos. Este tempo reflecte a diferença entre o tempo disponível para a fuga e o tempo necessário para a mesma (European Guideline, 2009; ISO 16738, 2009).

A margem de segurança terá de ter em conta o pior cenário de incêndio, ou a existência de uma falha de sistema que seja passível de acontecer (ISO 13571, 2007; ISO 16738, 2009; ISO 19706, 2011).

3.6 Considerações finais

Na análise deste capítulo conclui-se que o estudo do comportamento humano é essencial para a compreensão e estabelecimento de critérios e variáveis que relacionam o deslocamento dos ocupantes com os meios de evacuação disponíveis.

Existem diversos comportamentos durante uma evacuação que levam a que a mesma decorra de forma mais lenta, como o pânico, o stress, a formação de grupos, o movimento através do fumo, a escolha da rota de saída, entre outros. Todos estes factores devem ser estudados e minimizados na medida do possível, adoptando soluções construtivas de fácil compreensão.

Para conseguir quantificar as variáveis referidas, tais como velocidade, densidade, distâncias e fluxos, é necessário efectuar a análise presente no sub-capítulo 3.4. Mostrou-se também as velocidades de fuga nos diversos percursos de evacuação, as taxas máximas de fluxo e os efeitos dos gases tóxicos e fumos na velocidade de deslocamento.

Por fim foi feita uma abordagem ao tempo necessário para a fuga em segurança, onde são referidos e analisados todos os tempos parciais que contribuem para esse mesmo tempo, que dependem não só das

características dos sistemas de SCIE mas também do tipo de ocupantes presentes no edifício, de modo a perceber como se pode controlar cada um desses tempos e quais devem ser manipulados de modo a definir a distância máxima para a fuga.

4 Propostas de classificação do parâmetro “Máxima distância percorrida para a fuga”

4.1 Considerações iniciais

No presente capítulo pretende-se efectuar a definição de critérios de classificação do parâmetro “Máxima distância percorrida para a fuga”. Toma-se por ponto de partida o mínimo regulamentar presente na legislação portuguesa e internacional no que diz respeito à distância máxima a percorrer nos locais de permanência até ao exterior ou até se atingir uma via de evacuação protegida, ao qual se associa a classe de desempenho B (a mais baixa aceitável em edifícios de habitação novos conforme discutido no sub-capítulo 2.4). Esta fase do trabalho é discutida no sub-capítulo 4.2.

Posteriormente calcula-se o tempo de deslocamento numa via de circulação para essa distância máxima regulamentar à velocidade de deslocamento média, de acordo com o estudo apresentado no sub-capítulo 3.4. Uma vez que a velocidade de deslocamento é relacionável com a densidade populacional, ou seja, ocupação por m², é possível prever uma variação de densidade (e respectiva velocidade associada) para cenários de desempenho mais exigentes, correspondentes à classe de desempenho A+ e A.

A classificação de desempenho para o parâmetro “Máxima distância percorrida para a fuga” é definida quer para edifícios com caixa de escadas enclausuradas, quer para edifícios pequenos que não as possuam. Neste segundo cenário, é necessário contemplar uma distância de fuga horizontal em corredores de circulação e vertical pela caixa de escadas até ao exterior do edifício, onde se adoptará dois tipos de edifícios, R/Chão + 2 e R/Chão + 3 pisos.

Com base nas opções referidas, é possível determinar diferentes distâncias de fuga o que corresponde a diferentes critérios para avaliar o parâmetro “Máxima distância percorrida para a fuga”. Os valores finais do estudo e a proposta de classificação, encontram-se no sub-capítulo 4.3.

4.2 Análise do movimento populacional

4.2.1 Distâncias máximas regulamentares nacionais e internacionais

Efectuando uma análise aos regulamentos nacionais e internacionais disponíveis, temos que as distâncias de fuga têm algumas variações consoante o tipo de edifício, a sua altura, a existência ou não de aberturas directas para o exterior, entre outros. Porém, todos os regulamentos fazem a distinção na distância máxima relativamente ao número de saídas disponíveis (impasse ou 2 saídas), pelo que será necessário contemplar dois casos particulares. Em situação de 'Impasse', existe apenas uma saída disponível no corredor de circulação, enquanto que na situação de '2 Saídas' existem duas ou mais saídas para uma via protegida. A compilação de distâncias máximas regulamentares para apartamentos, representado na Tabela 4.1, contempla este aspecto. Foram considerados os regulamentos já descritos no sub-capítulo 2.5.2, nomeadamente a informação disponível nos seguintes pontos:

- Portugal - Portaria 1532/2008 – Art. 61º
- Grã-Bretanha – The Building Regulations – Dwellinghouses – Fire Safety – Secção 3 – Tabela 1.0
- Japão – Code of Practice for Fire Safety in Buildings – Cláusula B11.2
- Nova Zelândia – New Zealand Building Code – Fire Safety – Tabela 3.3
- Espanha – Documento Básico Seguridad en caso de incendio – Tabela 3.1
- Irlanda – The Building Regulations – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Tabela 2.1
- Singapura – Singapore Civil Defense Force – Fire Code – Tabela 2.2A

Tabela 4.1 – Distâncias máximas regulamentares nacionais e internacionais [m]

		Impasse	2 Saídas
Portugal	< 28 m	15	30
	> 28 m	15	20
Grã-Bretanha		18	45
Japão		39	48
Nova Zelândia		24	60
Espanha	Apartamento	35	50
Irlanda		10	20
Singapura	Apartamento	20	40
Média Aritmética		23	40
Mínimo		10	20
Máximo		39	60
Portugal		15	20/30

De entre os valores referidos na Tabela 4.1, foram adoptados 4 casos de estudo, sendo eles a média aritmética de igual ponderação de todos os valores de distâncias, o máximo e o mínimo da Tabela 4.1 e o caso de distância máxima regulamentar actual na legislação portuguesa.

É necessário ressaltar que na actual legislação portuguesa, não é claro o local de risco a que pertencem os edifícios de habitação. Se fossem considerados classe D ou E, a distância em impasse seria de 10 m, caso não o sejam, essa distância aumenta para 15 m, valor que foi considerado na presente dissertação.

4.2.2 Movimento horizontal

De modo a calcular a distância de fuga horizontal, há que estabelecer uma metodologia para o cálculo. Uma vez que, fisicamente, a distância é igual ao produto do tempo pela velocidade, foi determinado que o tempo de deslocamento teria de ser constante. Dentro dos vários tipos de tempos referidos no sub-capítulo 3.5, apenas é possível fazer um estudo da alteração do tempo de deslocamento uma vez que os outros dependem de variáveis que não podem ser controlados pela velocidade e pela distância de fuga.

Este tempo de deslocamento base, é fundamentado pelos valores actuais das legislações analisadas referidas no sub-capítulo anterior, estabelecendo uma velocidade média de deslocamento de 1,07 m/s tendo em conta a média aritmética das velocidades de fuga presente nas várias referências bibliográficas (Figura 3.5 – Capítulo 3.4.1) para uma densidade mínima aceitável de 0,5 pessoas/m². A densidade média de um edifício de habitação com 2 fogos por piso (T2+T3), considerando um número médio de 4 pessoas no fogo T3 e 3 pessoas no fogo T2, e uma área média de 13,6 m² de corredor de circulação (8 m de comprimento por 2 m de largura, subtraindo a camada limite de 0,15 m de cada lado), é de cerca de 0,52 pessoas/m². Numa outra situação de 3 fogos T3 por piso, e uma área comum de circulação de 25 m² (10 m x 2,5 m) tem-se uma densidade populacional durante a fuga horizontal de 0,48 pessoas/m². Desta forma adopta-se como base de densidade mínima para a classe de desempenho B, o valor médio de 0,5 pessoas/m². *

Desta forma é possível estabelecer o tempo de deslocamento base (Equação 4.1) correspondente à classe de desempenho B, garantindo assim que as actuais exigências de todas as legislações analisadas são cumpridas. Estes tempos de deslocamentos horizontais máximos estão sintetizados na Tabela 4.2

$$Tempo_{deslocamento} = \frac{Distância_{máxima regulamentar}}{Velocidade_{deslocamento média}} \quad (Equação 4.1)$$

Tabela 4.2 – Tempo de deslocamento horizontal máximo adoptando velocidade média de 1,07 m/s [s]

	Impasse	2 Saídas
Média Aritmética	21,5	37,8
Mínimo	9,3	18,7
Máximo	36,4	56,1
Portugal < 28 m	14,0	28,0
Portugal > 28 m	14,0	18,7

* É necessário aprofundar o estudo da densidade média populacional de um edifício de habitação de modo a validar este dado de base.

Adopta-se uma densidade populacional de 1 pessoa/m² e 1,5 pessoas/m² como critério de atribuição das classes de desempenho A e A+, respectivamente. Desta forma é possível acomodar variações populacionais que se podem dar em edifícios de habitação tais como festas particulares, reuniões familiares, reuniões de condomínio, entre outros. Nestas ocasiões, frequentemente se atinge um número de ocupantes na ordem dos 20/30, principalmente em reuniões e festas pelo que, considerando o exemplo referido neste sub-capítulo, as densidades de 1 e 1,5 pessoas/m² preveem-se ser valores aceitáveis. A Tabela 4.3 sintetiza o valor discutido para a densidade populacional em cada classe de desempenho.

Tabela 4.3 – Variação da densidade populacional de acordo com a classe de desempenho adoptada para o movimento horizontal [pessoas/m²]

Classe de Desempenho	Densidade Populacional
A+	1,5
A	1,0
B	0,5

É de referir que, segundo a Tabela 3.8 do capítulo 3, considerando um fluxo específico máximo admissível de 1,3 pessoas/m.s⁻¹ (Nelson e Mowrer, 2002) a uma velocidade média de 1,07 m/s como escolhida no presente trabalho, e utilizando a Equação 3.2 desse mesmo capítulo, temos que a densidade máxima segundo aqueles autores é de 1,22 pessoas/m², pelo que a adopção de um máximo de 1,5 pessoas/m² em corredores para a classe A+, é coerente.

De seguida é necessário fazer uma variação das velocidades em função dos diferentes resultados de estudos bibliográficos e da densidade populacional resultando assim em diversos valores de velocidades de deslocamento horizontal (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 – Velocidades horizontais das diversas classes de desempenho [m/s]

Referências Bibliográficas	Classes de Desempenho		
	A+	A	B
Fruin, 1971	0,65	0,79	0,92
Nelson e Mowrer, 2002	0,84	1,03	1,20
Proulx G (Idosos/Crianças -6), 2002	0,45	0,45	0,45
Thomson e Marchant, 1995 (Feminino)	0,15	0,22	0,40
Ando, 1988 (Masculino, Média 20 anos)	1,60	1,60	1,60
Ando, 1988 (Feminino, Média 20 anos)	1,30	1,30	1,30
Thomson e Marchant, 1995 (Masculino)	0,30	0,48	0,90
SPFE, 2002	1,00	1,00	1,27
European Guideline, 2009	0,88	1,27	1,25
Lo, S. M., 2004	1,07	1,32	1,40

Fazendo uso das variáveis já calculadas até este ponto, tais como a velocidade de fuga (Tabela 4.4) e tempo de deslocamento máximo (Tabela 4.2), é possível o cálculo dos critérios referentes às distâncias de deslocamento por classes de desempenho.

O cálculo de distâncias é efectuado partindo da base de consideração do tempo de deslocamento base constante (Tabela 4.2) e efectuando as variações de velocidade referidas.

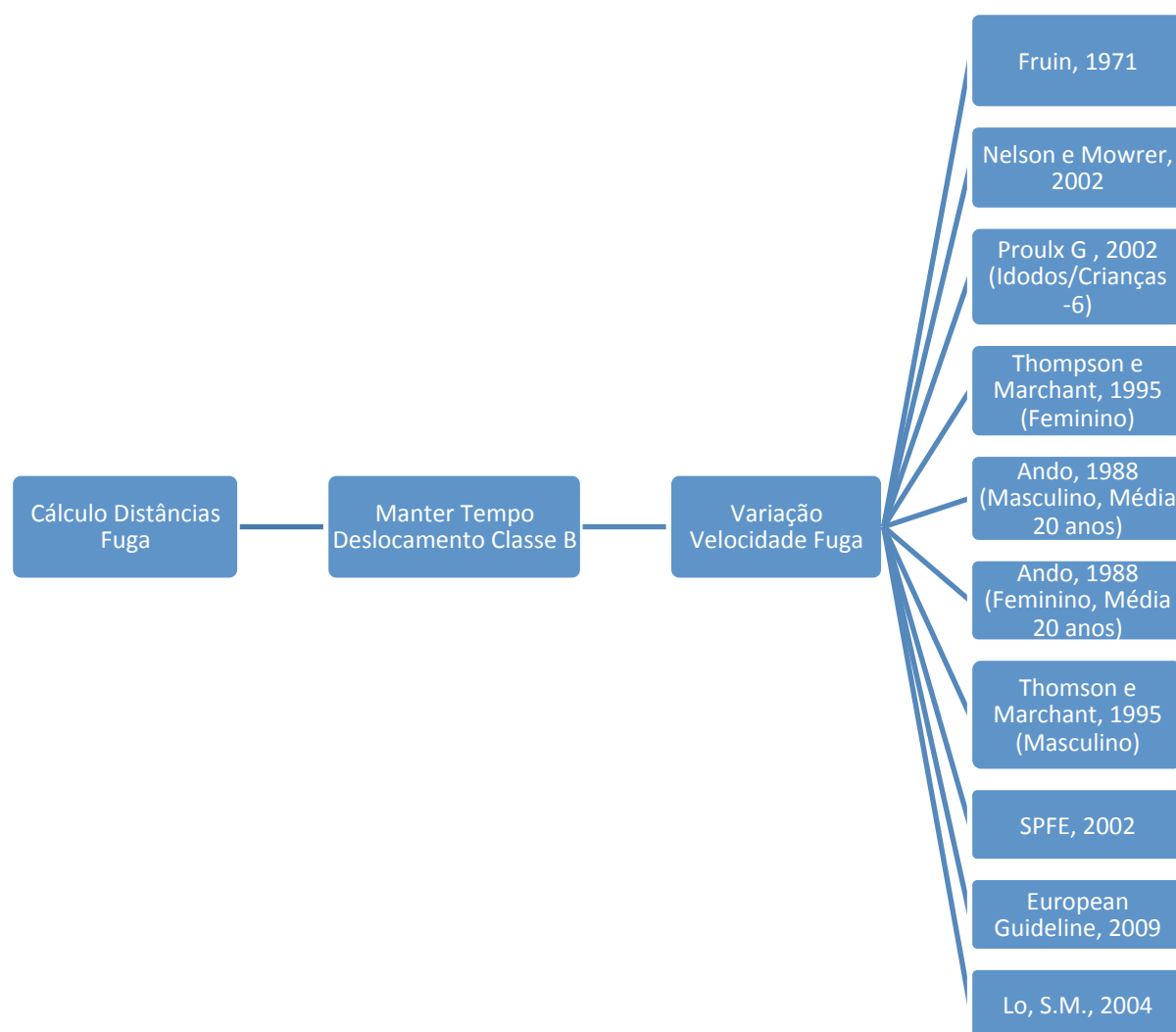


Figura 4.1 - Variação de velocidade horizontal para o cálculo das distâncias de fuga

A Figura 4.2 apresenta a configuração do gráfico das distâncias para uma determinada distância nas diversas classes de desempenho. Conclui-se assim, que a adopção de uma distância média aritmética é um pressuposto coerente, uma vez que não se detectam valores *outliers* provenientes das diferentes referências bibliográficas.

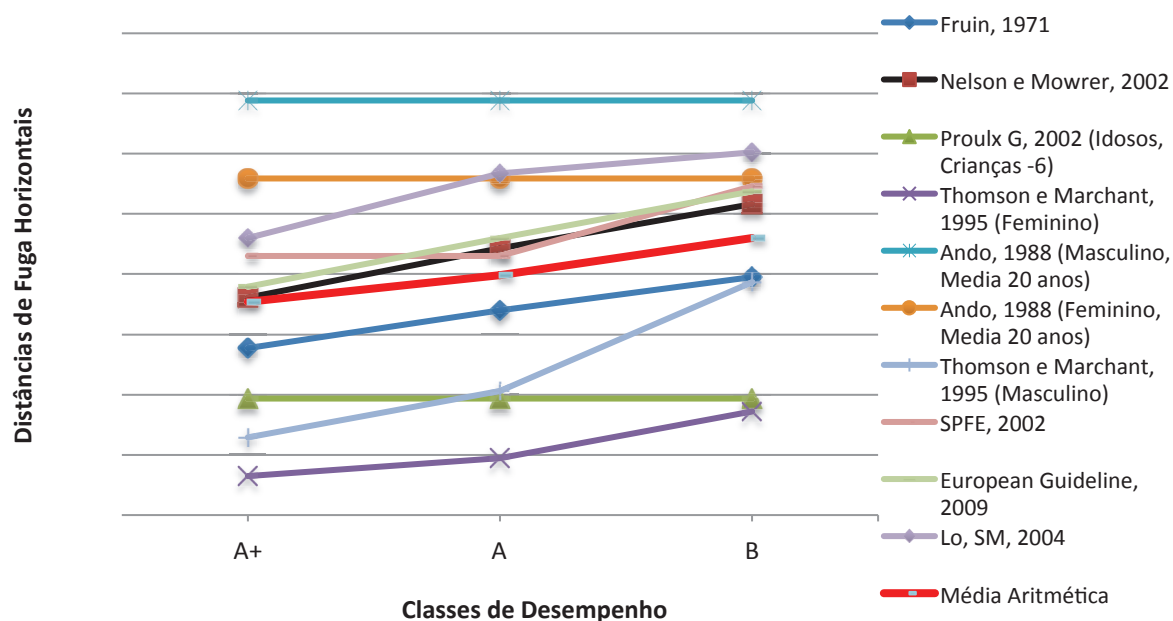


Figura 4.2 – Simulação de atribuição de classes de desempenho tendo em conta dados de várias referências bibliográficas

4.2.3 Movimento vertical

Para o cálculo do movimento vertical descendente, foi estabelecida a mesma metodologia referida no sub-capítulo anterior, considerando uma velocidade média de deslocamento de 0,83 m/s tendo em conta a média das velocidades de fuga presente nas várias referências bibliográficas (Figura 3.6 – Capítulo 3.4.2) para uma densidade mínima aceitável de 1,0 pessoas/m². A densidade populacional em escadas situa-se na ordem dos 1,0 pessoas/m², pois tendo em consideração a justificação da densidade horizontal no sub-capítulo anterior, a escada é um ponto de confluência de ocupantes provenientes dos fogos, pelo que se adopta uma densidade populacional média base o dobro da horizontal. Esta densidade será a correspondente à classe B de desempenho, mínima para edifícios novos. Assim sendo, e devido ao referido anteriormente, efectuar-se-á uma variação densidade de 1,5 e 2,0 pessoas/m² para a classe de desempenho A e A+ respectivamente (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 – Variação da densidade populacional de acordo com a classe de desempenho adoptada para o movimento vertical [pessoas/m²]

Classe de Desempenho	Densidade Populacional
A+	2,0
A	1,5
B	1,0

Como se pode observar, a velocidade média em percursos verticais, ou seja, escadas (0,83 m/s), é inferior à média do deslocamento horizontal (1,07 m/s), o que é um pressuposto coerente.

De modo a considerar o deslocamento em escadas, este apenas deve ser contabilizado, segundo a legislação actual Portuguesa, em edifícios de habitação com uma altura inferior a 28 m e caso a distância total de evacuação não seja superior a 30 m, situação onde não existe a obrigatoriedade de colocação de portas corta-fogo na transição para a caixas de escadas. O número médio de pisos por edifício nos edifícios novos concluídos em 2012 é de cerca de 2,3 (INE-ECH, 2012), pelo que a altura média dos edifícios é inferior a 28 m. Ainda assim, é comum a distância até ao exterior ser superior a 30 m, pelo que é corrente a existência de portas corta-fogo nos vãos de acesso à caixa de escadas em edifícios novos. Porém há que quantificar de igual modo a situação de não existirem portas ou caixas de escadas enclausuradas (CEE), pelo que se deve fazer uma análise às velocidades de deslocamento verticais.

Será feita uma análise a dois tipos de edifícios, com R/Chão + 2 pisos e R/Chão + 3 pisos (doravante referidos apenas como 2 e 3 pisos) onde se considerará uma distribuição de distâncias de deslocamento horizontal e vertical de 60%/40% e 50%/50% respectivamente. Ressalva-se que os pisos referidos podem não ser de habitação, pois segundo a legislação actual, o piso do sótão também é considerado como pavimento passível de utilização, isto é, R/Chão + 2 pisos habitação + sótão será considerado edifício de 3 pisos.

Considerando uma altura média entre pisos de 3 m e sabendo que os degraus deverão ter no máximo 18 cm de espelho e mínimo de 28 cm de cobertor, temos que $300/17 = 17$ degraus e $17 \times 0,28 = 4,76$ m. Sabendo também que na maioria das vezes a escada entre pisos tem dois lanços, há que somar um patim intermédio com a largura da escada, ou seja, entre 1,1 a 1,2 m. Assim, o comprimento total da distância vertical entre pisos é de $4,76 + 1,2 = 5,96$ m.

Num edifício de 2 pisos, existem 2 pisos em altura, pelo que a distância da via vertical é de $5,96 \times 2 = 11,92$ m. Considerando uma distância de 4 m desde o arranque (início) da caixa de escadas até ao exterior, 4 m desde a porta do apartamento até atingir a caixa de escadas e 10 m de distância horizontal desde o ponto mais afastado do apartamento até à porta do mesmo, temos uma distância horizontal total de 18 m. Conclui-se assim, que para um edifício de 2 pisos faz sentido considerar a proporção de 60%/40% para a distância horizontal e vertical respectivamente.

Num edifício de 3 pisos, existem 3 pisos em altura. Considerando as mesmas suposições do edifício de 2 pisos, temos uma distância vertical de 17,88 m e uma distância horizontal de 18 m pelo que se conclui que os valores se aproximam da proporção 50%/50%.

O valor total da soma da distância média horizontal e vertical num edifício de 3 pisos é cerca de 36 m, pelo que não faz sentido analisar um edifício de 4 pisos, pois este terá, muito provavelmente, uma distância de fuga superior a 30 m, e segundo a legislação actual portuguesa já será obrigatório fazer o enclausuramento da caixa de escadas, através, por exemplo, da instalação de portas corta-fogo em todos os acessos à caixa de escadas.

A Tabela 4.6 sintetiza as variações de distâncias horizontais e verticais máximas a considerar de acordo com o caso de edifício de 2 e 3 pisos, correspondendo a uma sub-divisão das distâncias regulamentares da Tabela 4.1.

Tabela 4.6 – Distância de fuga horizontal e vertical máxima em edifícios com 2 e 3 pisos considerando a proporção 60%/40% e 50%/50% [m]

2 PISOS	Distância Horizontal		Distância Vertical	
	Impasse	2 Saídas	Impasse	2 Saídas
Média Aritmética	13,8	24,6	9,2	16,2
Mínimo	6,0	12,0	4,0	8,0
Máximo	23,4	36,0	15,6	24
Portugal < 28 m	9,0	18,0	6,0	12,0
Portugal > 28 m	9,0	12,0	6,0	8,0
3 PISOS	Distância Horizontal		Distância Vertical	
	Impasse	2 Saídas	Impasse	2 Saídas
Média Aritmética	11,5	19,5	11,5	20,2
Mínimo	5,0	10,0	5,0	10,0
Máximo	20,2	30	19,5	30,0
Portugal < 28 m	7,5	15,0	7,5	15,0
Portugal > 28 m	7,5	10,0	7,5	10,0

Considerando as velocidades médias horizontal e vertical já referidas, 1,07 m/s e 0,83 m/s respectivamente, e as distâncias base da Tabela 4.7, é calculado o tempo de deslocamento vertical descendente em escadas e o horizontal em corredores de circulação para a classe de desempenho B. Na Tabela 4.6 estão sintetizados estes tempos de deslocamento base para cada tipo de análise referida (média aritmética, mínimo, máximo e regulamentação portuguesa).

Tabela 4.7 – Tempos de deslocamento máximo horizontal e vertical em edifícios de 2 e 3 pisos [s]

2 PISOS	Distância Horizontal		Distância Vertical	
	Impasse	2 Saídas	Impasse	2 Saídas
Média Aritmética	12.9	22.7	11.1	19.5
Mínimo	5.6	11.2	4.8	9.6
Máximo	21.9	33.6	18.8	28.9
Portugal < 28 m	8.4	16.8	7.2	14.5
Portugal > 28 m	8.4	11.2	7.2	9.6
3 PISOS	Distância Horizontal		Distância Vertical	
	Impasse	2 Saídas	Impasse	2 Saídas
Média Aritmética	10.7	18.9	13.9	24.4
Mínimo	4.7	9.3	6.0	12.0
Máximo	18.2	28.0	23.5	36.1
Portugal < 28 m	7.0	14.0	9.0	18.1
Portugal > 28 m	7.0	9.3	9.0	12.0

Para o cálculo das velocidades de acordo com as classes de desempenho, foram contempladas várias referências bibliográficas (SPFE, 2002; Nelson e Mowrer, 2002; Ando, 1988; Fruin, 1971) e a alteração da proporção entre a altura do espelho e a largura do cobertor, situações comuns na construção de edifícios. A Tabela 4.8 sintetiza as velocidades verticais referentes às classes de desempenho A+, A e B.

Tabela 4.8– Velocidades verticais das diversas classes de desempenho [m/s]

Referências Bibliográficas		Classes de Desempenho		
		A+	A	B
SPFE, 2002		0,48	0,61	0,61
Nelson e Mowrer, 2002	Espelho 191; Cobertor 254 [mm]	0,47	0,60	0,73
	Espelho 178; Cobertor 279 [mm]	0,51	0,65	0,79
	Espelho 165; Cobertor 305 [mm]	0,54	0,70	0,85
	Espelho 165; Cobertor 330 [mm]	0,58	0,74	0,90
Ando, 1988		0,80	0,80	0,80
Fruin, 1971	Homens - 30 anos	1,01	1,01	1,01
	Mulheres + 50 anos	6,00	0,60	0,60

O cálculo de distâncias diferenciadas em classes é efectuado partindo da base de tempo de deslocamento constante (Tabela 4.6) e efectuando o produto do mesmo com as variações de velocidade presentes na Tabela 4.8. A Figura 4.3 sintetiza a metodologia de cálculo da distância de fuga vertical.

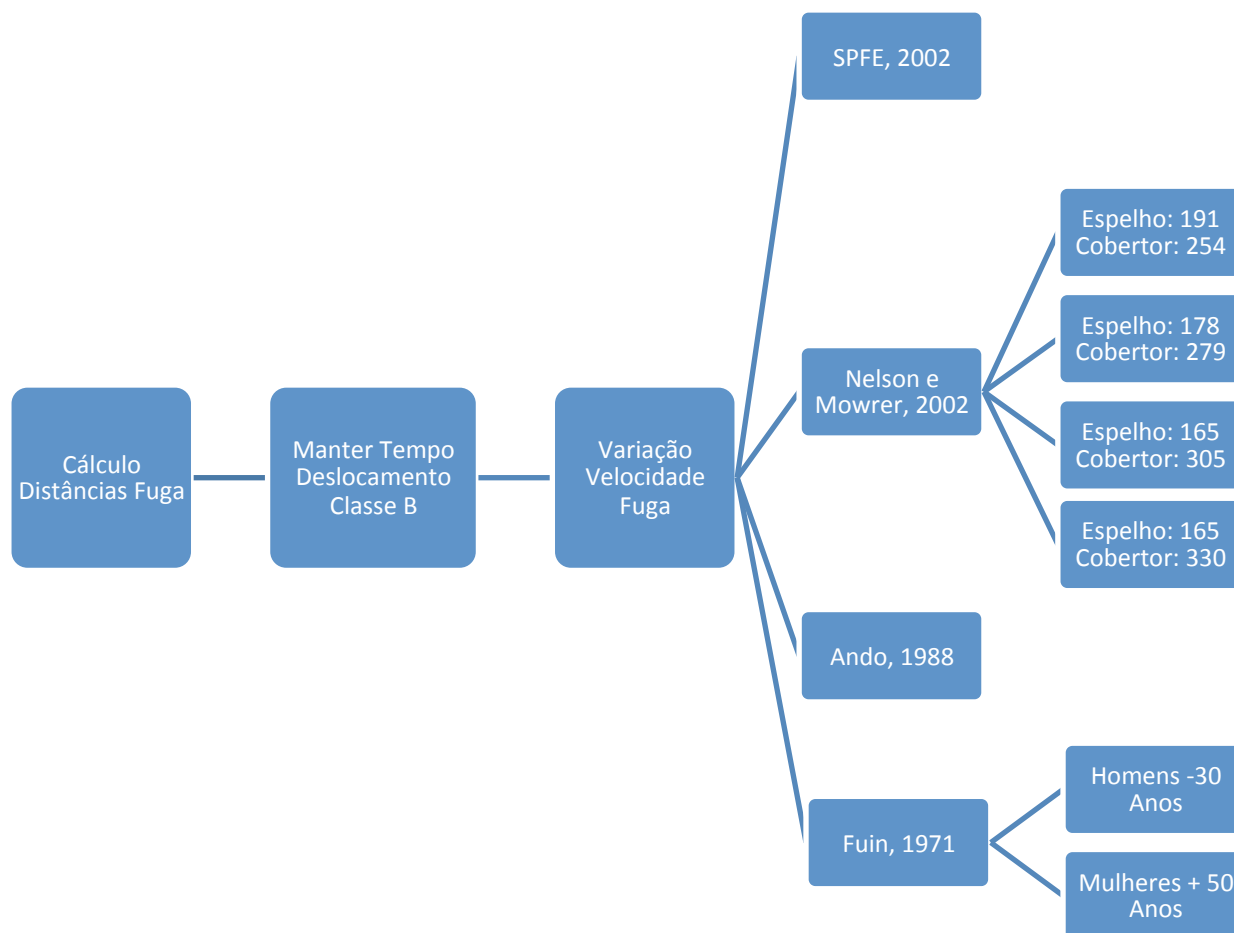


Figura 4.3 – Variação de velocidade vertical de acordo com as dimensões da escada e autores

A Figura 4.4 representa o andamento do gráfico das distâncias de deslocamento vertical para uma determinada distância média regulamentar nas diversas classes de desempenho. Conclui-se assim, que a adoção de uma distância média é uma suposição racional, garantido assim a exclusão da hipótese referida no capítulo anterior.

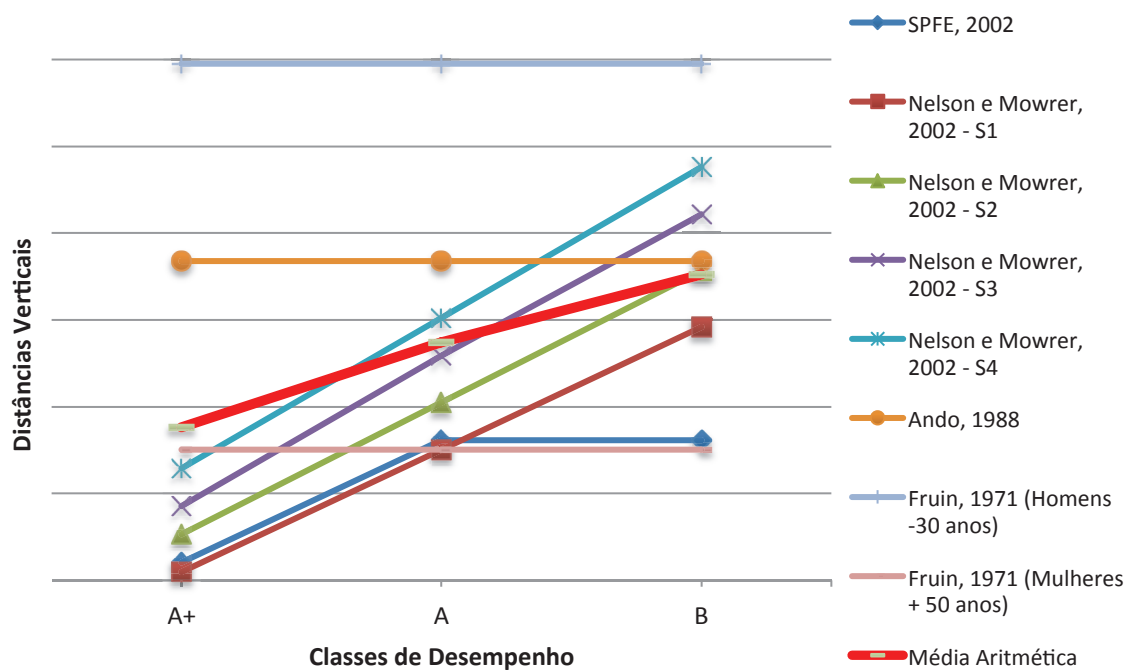


Figura 4.4 – Relação entre as várias referências e a média das mesmas para a distância vertical

4.3 Propostas de classificação do parâmetro

Analisando os resultados obtidos no sub-capítulo 4.2.2 e 4.2.3, nomeadamente as velocidades resultantes das várias referências bibliográfica (Tabela 4.4 e Tabela 4.7), de densidade populacional (Tabela 4.3 e Tabela 4.5), e os tempos máximos de deslocamento de fuga provenientes da distância máxima de fuga presente em vários regulamentos nacionais e internacionais (Tabela 4.2 e Tabela 4.6), obtém-se os critérios de atribuição das classes de desempenho A+, A e B para a “Máxima distância percorrida para a fuga”.

Estes critérios têm que ser estabelecidos separadamente para os casos de edifícios com caixas de escadas enclausuradas (CEE) e edifícios sem as mesmas de 2 e 3 pisos, sintetizando-se na Tabela 4.9 os resultados obtidos.

A fim de concretizar a hipótese de fuga dos lugares de estacionamento, foi analisada a legislação nacional onde se constatou que para além da resistência estrutural dos elementos de separação ter de possuir uma classificação específica, é necessário haver uma porta corta fogo entre o estacionamento e a caixa de escadas, garantindo assim a compartimentação dos estacionamentos. Por exemplo, para todas as categorias de risco (1ª à 4ª), os vãos terão que ser guarnecidos com portas com a classificação de "E 30 C", que significa que é um porta estanque, durante 30 minutos e com mola (C) (Art. 211, Portaria 1532/2008). Desta forma, não é necessário contemplar a distância vertical ascendente, sendo que se aplica de igual modo as distâncias horizontais calculadas na Tabela 4.9 desde o ponto mais afastado do lugar de estacionamento até à porta-corta fogo da entrada da caixa de escadas protegida.

Tabela 4.9 – Máxima distância percorrida para a fuga [m] – Critérios para atribuição das classes de desempenho A+, A e B

		Classe Desempenho	Com CEE*	Sem CEE*			
				2 Pisos		3 Pisos	
			Horizontal	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
MÉDIA	Impasse	A+	18	11	7	9	9
		A	20	12	8	10	10
		B	23	14	9	11	11
	2 Saídas	A+	31	19	12	16	15
		A	35	21	14	17	17
		B	40	24	15	20	19
MÍNIMO	Impasse	A+	8	5	3	4	4
		A	9	5	3	4	4
		B	10	6	4	5	5
	2 Saídas	A+	15	9	6	8	8
		A	17	10	7	9	9
		B	20	12	8	10	9

		Classe Desempenho	Com CEE*	Sem CEE*			
				2 Pisos		3 Pisos	
			Horizontal	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
MÁXIMO	Impasse	A+	30	18	12	15	15
		A	34	20	13	17	17
		B	39	23	15	19	18
	2 Saídas	A+	46	28	18	23	23
		A	52	31	21	26	26
		B	60	36	23	30	28
PORTUGAL < 28 M	Impasse	A+	12	7	5	6	6
		A	13	8	5	6	6
		B	15	9	6	7	7
	2 Saídas	A+	23	14	9	12	11
		A	26	16	10	13	13
		B	30	18	11	15	14
PORTUGAL > 28 M	Impasse	A+	12	7	5	6	6
		A	13	8	5	6	6
		B	15	9	6	7	7
	2 Saídas	A+	15	9	6	8	8
		A	17	10	7	9	9
		B	20	12	8	10	9

* CEE – Caixa de escadas enclausurada

É possível verificar que em nenhum dos casos, o valor de distância calculada para a classe B, ou seja a classe mínima exigida em edifícios novos, ultrapassa o exigido nos regulamentos actuais, quer seja no caso de Portugal, quer seja de acordo com os dados apresentados na Tabela 4.1. Desta forma, confirma-se que esta proposta de simulação é mais exigente que a legislação actual e que apesar de não garantir uma economia evidente, existe um aumento de segurança caso a densidade populacional num edifício ultrapasse o previsto, e considerado médio, em edifícios de habitação. Esta simulação poderia originar valores diferentes caso o ponto de partida base não fosse a legislação actual, mas sim estudos devidamente fundamentados onde existisse uma variação da distância máxima tomada como base neste estudo.

Verifica-se também que a consideração da hipótese de um edifício de 3 pisos com uma distribuição de distância horizontal/vertical de 50%/50% não tem praticamente expressão na variação da distância total, sendo que a distância vertical, apesar de ser efectivamente menor (devido à velocidade vertical ser menor que a horizontal), a variação não ultrapassa 1 m de diferença, exceptuando no caso da classe B na situação de 2 saídas com um pressuposto base de distância máxima dos regulamentos disponíveis, em que a diferença é de 2 m.

Os gráficos da Figura 4.5 e Figura 4.6 são referentes aos dados expostos na Tabela 4.8 para a situação de deslocamento horizontal, onde se pode concluir que o regulamento Português é conservativo, na medida em

que a distância parametrizada nas três classes é sempre inferior à média dos países cujos regulamentos foram analisados.

Conforme esperado, os valores da distância referentes à classe A+ são superiores à da A e que, por sua vez, são superiores aos valores da classe B.

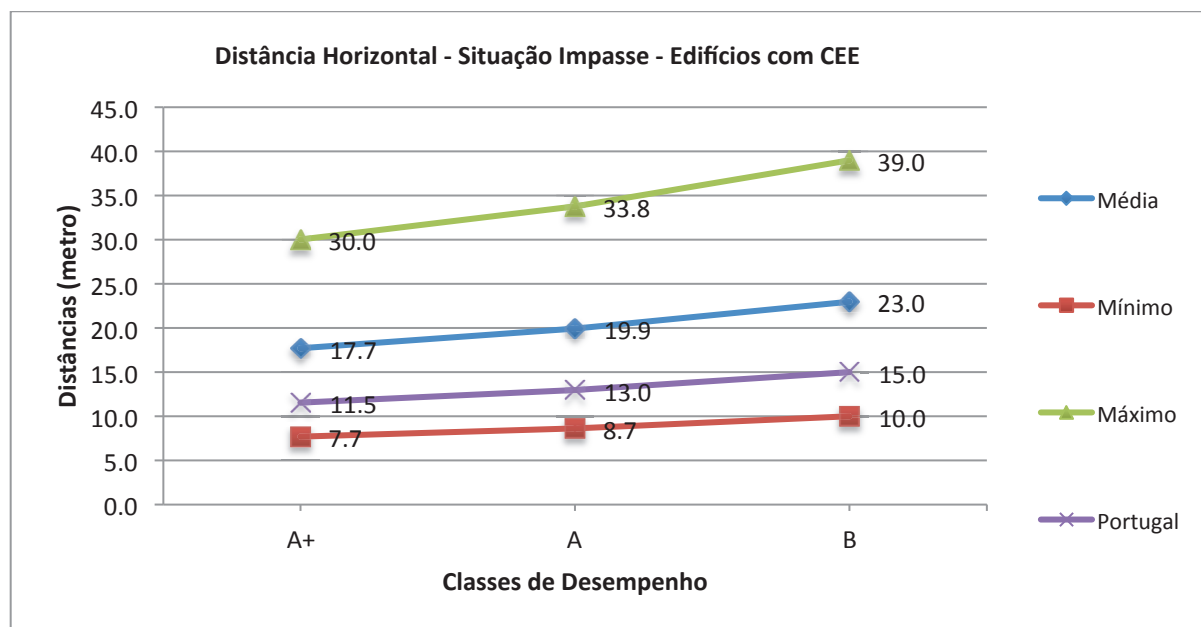


Figura 4.5 – Distância Horizontal em situação de impasse num edifício com CEE [m]

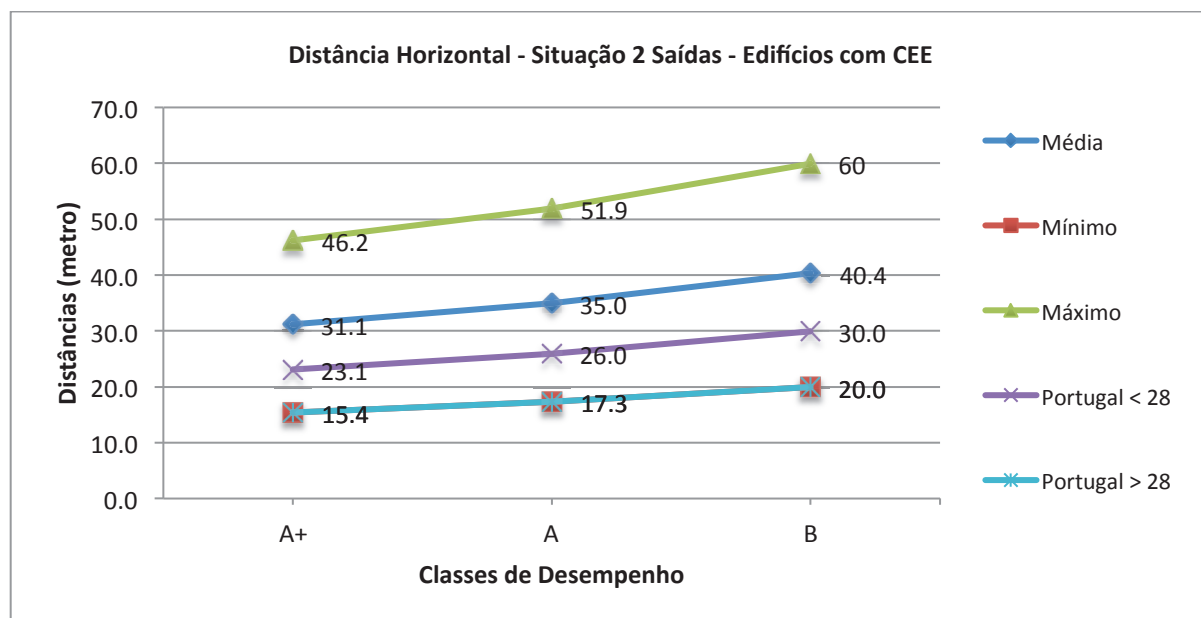


Figura 4.6 – Distância Horizontal em situação de 2 saídas num edifício com CEE [m]

Os gráficos das Figura 4.7 e Figura 4.8 sintetizam os resultados da distância horizontal e vertical para um edifício de 2 pisos sem CEE na situação de impasse, ou seja, onde apenas uma saída de evacuação está disponível.

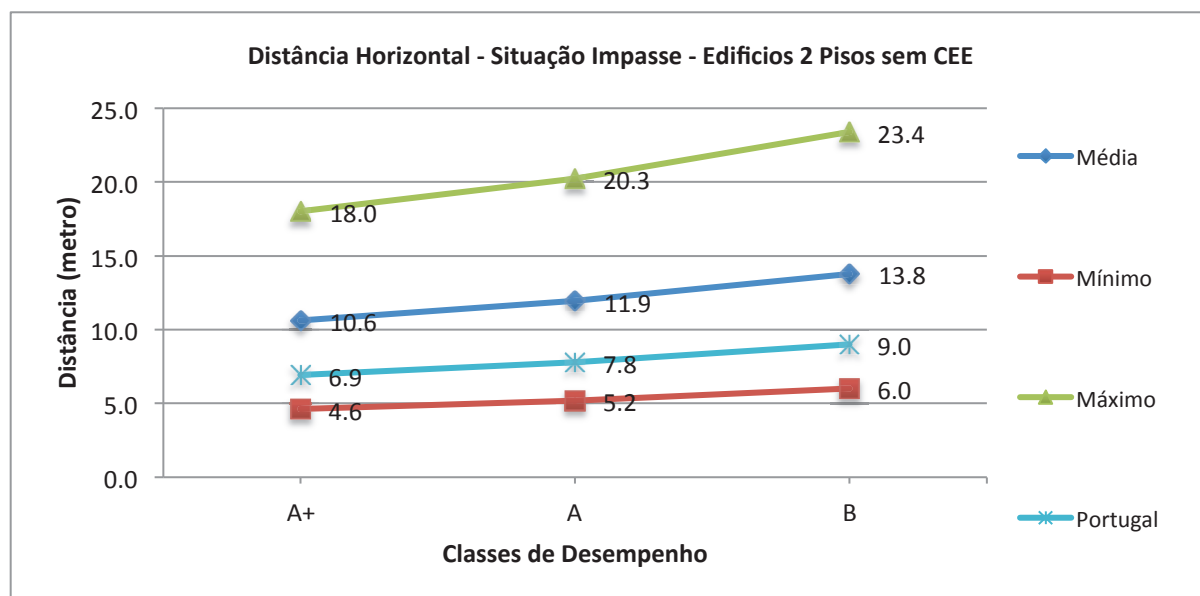


Figura 4.7 – Distância horizontal em situação de impasse para um edifício de 2 pisos sem CEE [m]

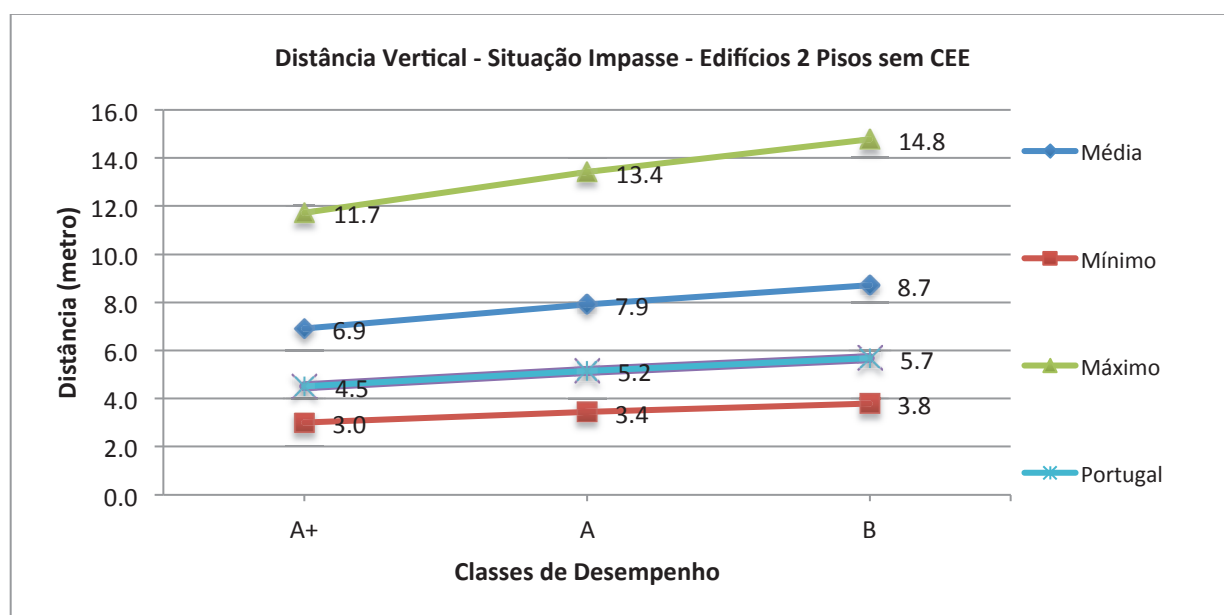


Figura 4.8 – Distância vertical em situação de impasse para um edifício de 2 pisos sem CEE [m]

Os gráficos das Figura 4.9 e 4.10 sintetizam os resultados da distância horizontal e vertical para um edifício de 2 pisos sem CEE na situação de duas saídas de evacuação.

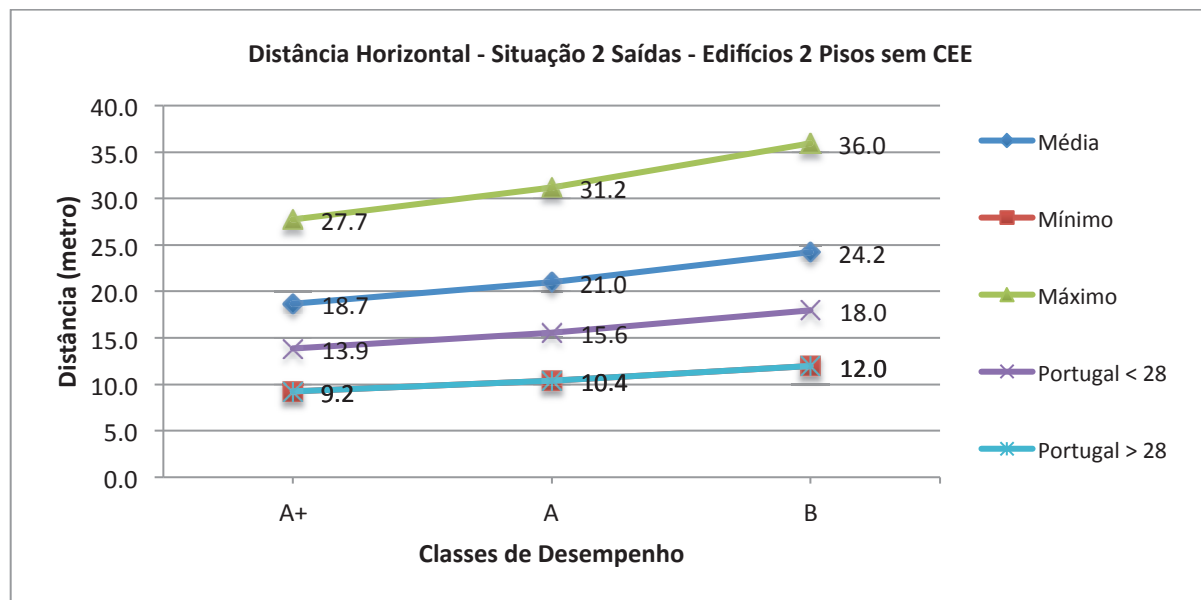


Figura 4.9 – Distância horizontal em situação de 2 saídas para um edifício de 2 pisos sem CEE [m]

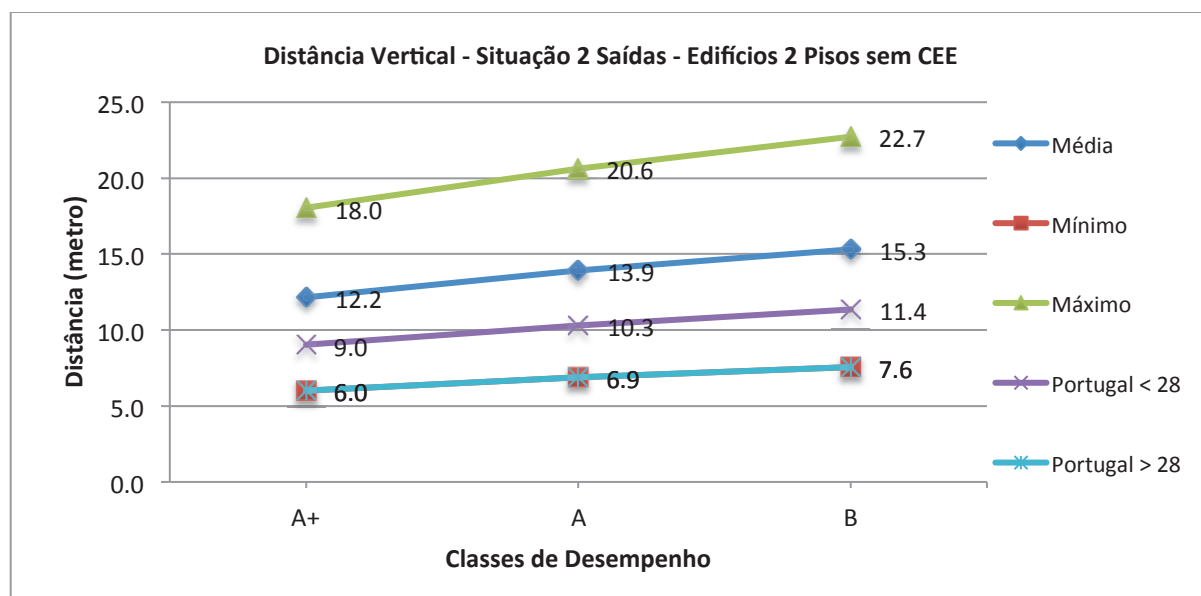
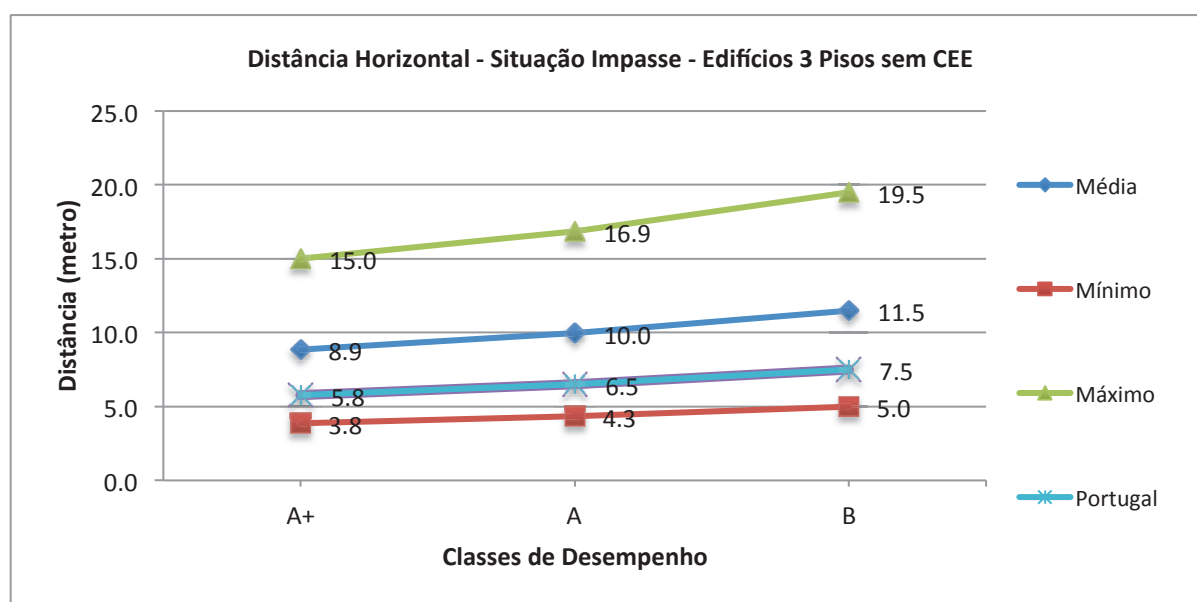


Figura 4.10 – Distância vertical em situação de 2 saídas para um edifício de 2 pisos sem CEE [m]

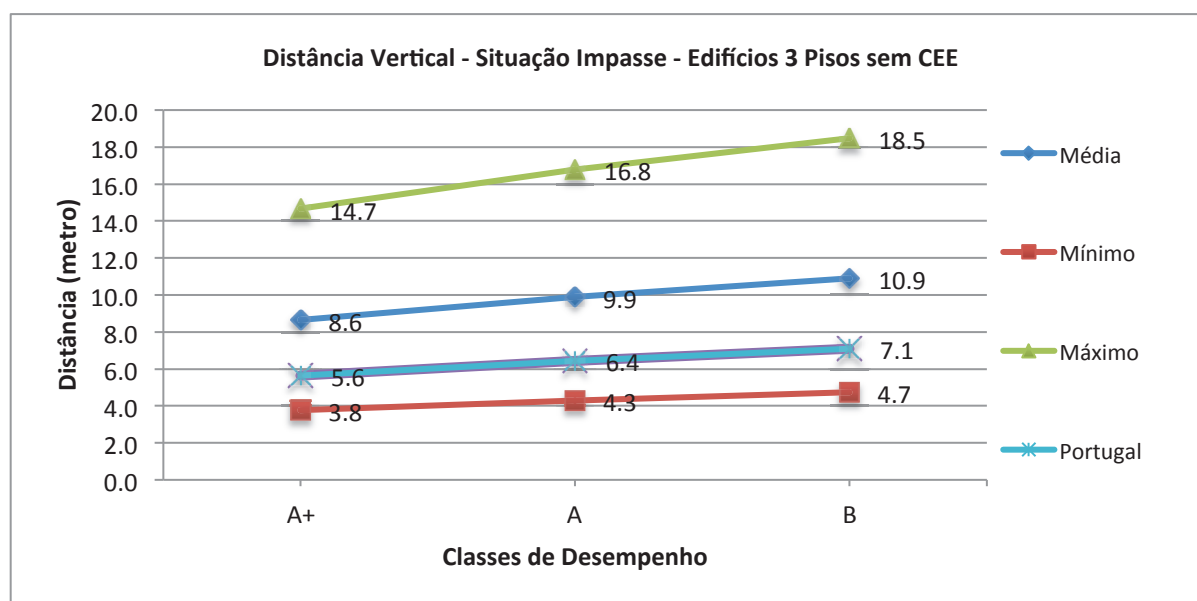
Conclui-se de igual forma que os valores de distância máxima presentes no regulamento Português estão do lado da segurança, tendo em consideração que o facto de a média ser superior aos valores adoptados por Portugal, se deve ao facto de existirem países menos conservativos como é o caso do Japão e da Espanha.

Verifica-se ainda que faz sentido uma distinção entre distância horizontal e vertical para o caso de um edifício de 2 pisos, onde a menor velocidade de fuga existente nas escadas leva a que a distância vertical tenha de ser efectivamente menor do que a horizontal em corredores de evacuação.

Os gráficos das Figura 4.11 e Figura 4.12 sintetizam os resultados da distância horizontal e vertical para um edifício de 3 pisos sem CEE na situação de impasse.

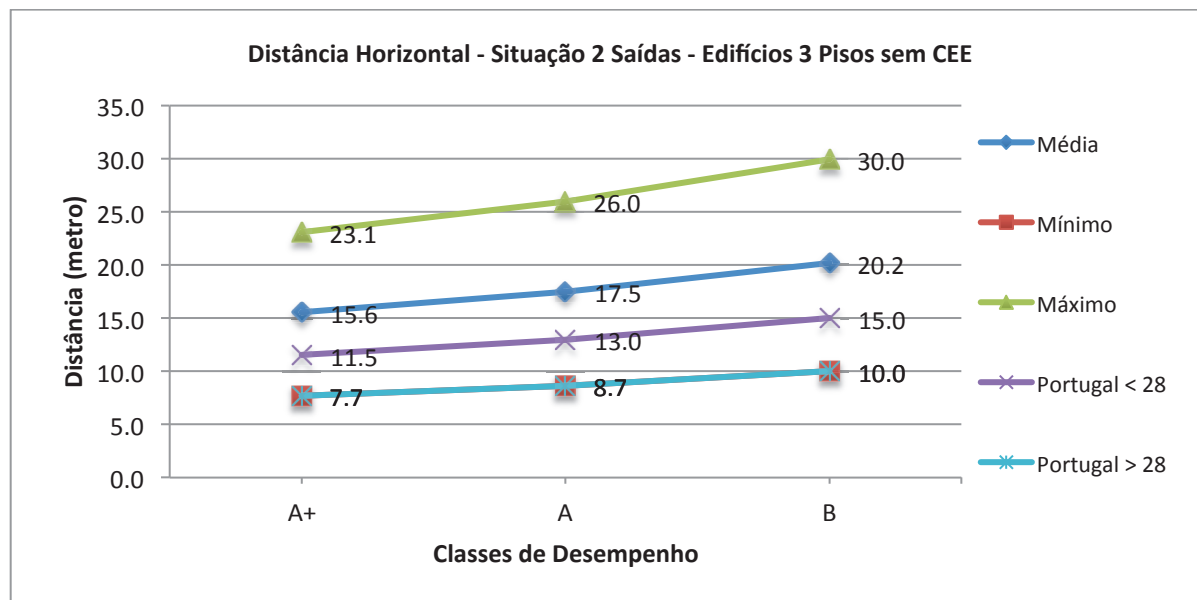


4.11 – Distância horizontal em situação de impasse para um edifício de 3 pisos sem CEE[m]

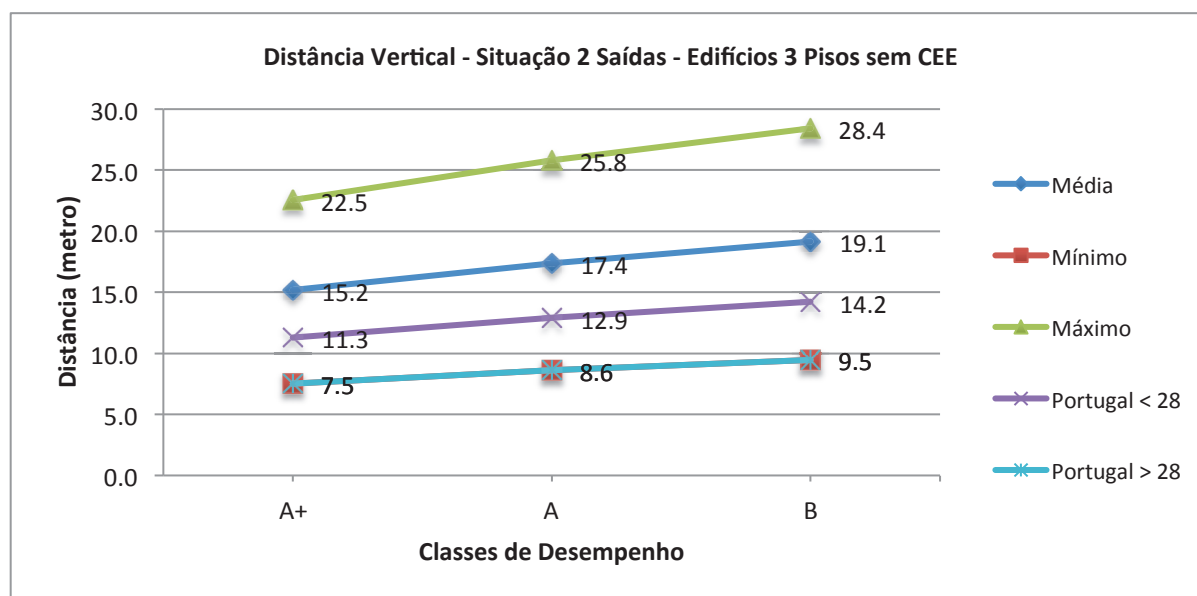


4.12 – Distância vertical em situação de impasse para um edifício de 3 pisos sem CEE [m]

Os gráficos das Figura 4.13 e 4.14 sintetizam os resultados da distância horizontal e vertical para um edifício de 3 pisos sem CEE na situação de existência de 2 saídas de evacuação.



4.13 – Distância horizontal em situação de 2 saídas para um edifício de 3 pisos sem CEE [m]



4.14 – Distância vertical em situação de 2 saídas para um edifício de 3 pisos sem CEE [m]

Neste caso, é possível verificar visualmente a configuração das distâncias verticais e horizontais num edifício de 3 pisos numa situação de impasse ou de duas saídas de evacuação distintas. Como referido anteriormente, a diferença entre as distâncias vertical e horizontal máximas têm uma diferença na ordem dos 5%, pelo que não é considerado representativo a diferença de valores de cerca de 1 m.

4.4 Considerações finais

No desenvolvimento deste capítulo foi possível observar que em termos de distâncias máximas de evacuação presentes nos regulamentos internacionais, a legislação actual portuguesa adopta valores mais conservativos na medida em que são inferiores à média dos países analisados e, assim sendo, existe uma maior garantia da segurança. Exceptuam-se apenas o caso da Irlanda que apresenta os valores mais baixos de todos os regulamentos analisados.

Foram analisadas quatro situações de distâncias máximas de evacuação permitidas, sendo elas a média aritmética das distâncias dos vários países em estudo, o mínimo e o máximo desses países e os valores da própria legislação portuguesa. Com estas situações, e adoptando uma velocidade média de deslocamento, foram calculados intervalos de tempo máximos necessários para uma evacuação de modo a cumprir as distâncias das situações acima referidas. Posteriormente foi variada a densidade populacional, de onde resultaram velocidades médias dessa mesma variação. Com estes passos foi possível calcular três valores de distâncias, resultantes das três variações de densidade, que correspondem a três classes de desempenho para cada uma das situações referidas (A+, A e B).

Apresenta-se também um estudo para edifícios sem CEE ou portas corta-fogo, onde se concluiu que a situação de consideração de um edifício de 3 pisos com uma distribuição de distância horizontal/vertical de 50%/50% não tem praticamente influência nos resultados finais. No estudo de um edifício com CEE, também analisado neste capítulo, foram apresentadas apenas distâncias horizontais, pois todo o deslocamento vertical em escadas, encontra-se protegido por portas corta-fogo.

Por fim, foram apresentadas as distâncias correspondentes às classes de desempenho A+, A e B, onde se garante que as correspondentes à classe B nunca ultrapassam os valores de distância actualmente presentes e considerados máximos nas actuais legislações em vigor.

5 Conclusões e desenvolvimentos futuros

5.1 Conclusões

A evolução da construção a nível mundial tem dado cada vez mais importância ao desenvolvimento de estudos e regulamentos no âmbito da segurança contra incêndios em edifícios (SCIE). O número de mortes resultantes de incêndios em edifícios é um problema que tem vindo a ser combatido e continuamente melhorado de modo a tentar reduzir esta desagradável problemática.

Existindo sempre a preocupação do aumento da segurança nos edifícios novos, há que haver um melhoramento da regulamentação de segurança contra incêndio em edifícios, na medida em que se pretende tornar os regulamentos mais eficientes, seguros e económicos. A regulamentação europeia neste âmbito está em evolução permanente. Os regulamentos essencialmente prescritivos estão a evoluir a passos largos para regulamentos baseados no desempenho. Estes proporcionam soluções mais económicas e inovadoras, porém a aplicação deste tipo de regulamentos só se torna viável e fiável se existir um meio técnico certificado e conhecedor das várias vertentes da SCIE.

A segurança dos ocupantes de um edifício, aquando da ocorrência de um incêndio, é a preocupação fundamental que se encontra expressa nos regulamentos e normas de segurança contra incêndio de diferentes países. Essa segurança é conseguida através da observação de um vasto conjunto de medidas na concepção do edifício, que incidem, entre outros, sobre os meios de fuga tais como caminhos de evacuação.

Por conseguinte, foram analisados diversos regulamentos tanto nacionais como internacionais onde foram comparados os parâmetros presentes na norma ISO 15928-4, que dá indicações internacionais conservativas para o desenvolvimento de regulamentos baseados no desempenho, com os presentes nos regulamentos referidos, concluindo-se que os meios de fuga estão presentes em todos os regulamentos com uma ênfase notória.

O parâmetro meios de fuga e o sub-parâmetro máxima distância percorrida para a fuga, pela razão referida acima, foi o estudado nesta dissertação. Pretendeu-se assim dar um contributo no âmbito da máxima distância de fuga desde o ponto susceptível de utilização mais distante de um fogo até uma via protegida por uma porta corta-fogo ou, caso não exista, até ao exterior do edifício, garantindo o máximo regulamentar actual e propondo valores justificados mais baixos dessa mesma distância. Esses valores têm como finalidade um aumento da segurança já existente, no caso de alteração pontual das características dos ocupantes do edifício tal como a sua densidade populacional. Foi feito ainda uma simulação para edifícios pequenos sem portas corta-fogo na caixa de escadas em que as distâncias máximas de fuga foram divididas em trajectos horizontais e verticais com a finalidade de contemplar a maioria dos casos que poderão existir nas construções mais comuns.

Os critérios para a definição da classe B basearam-se na distância regulamentar máxima permitida pela legislação em vigor. Porém, esta suposição pode ser melhorada se se usar outra base de distância inicial, isto é, se forem efectuados estudos no âmbito da distância máxima de fuga que permita um nível de segurança mínimo.

Foi concluído que no caso da simulação de um edifício de R/Chão + 3 pisos, não existe um ganho evidente em efectuar uma divisão de distâncias de fuga horizontais e verticais, pelo que apenas faz sentido em edifícios com R/Chão + 2 pisos. Em termos de classificação de desempenho, a mesma foi efectuada admitindo como ponto de partida variáveis e suposições que poderão ser melhorados, tais como a densidade média ocupacional em edifícios de habitação, pelo que a simulação do edifício de 3 pisos poderia ter uma maior e evidente variação na divisão de distâncias referida, caso essas variáveis base fossem consideradas diferentes das estudadas nesta dissertação.

5.2 Desenvolvimentos futuros

O desenvolvimento de legislações baseadas no desempenho envolve uma evolução constante das legislações essencialmente prescritivas actuais. Desta forma está implícito que deverão ser realizados estudos que identifiquem e complementem os níveis de desempenho das soluções construtivas prescritas actuais. A presente dissertação teve como principal finalidade contribuir para um estabelecimento de classes de desempenho, através do estudo de variáveis presentes na norma internacional ISO 15928-4, porém é necessário dar continuidade ao trabalho já efectuado.

Nesse sentido sugerem-se os seguintes desenvolvimentos futuros:

- As suposições consideradas no que toca à densidade normal num edifício de habitação, adoptada como 0,5 pessoas/m² na presente dissertação, poderão ser melhoradas com base em dados mais precisos de modo a que as simulações feitas da máxima distância de fuga possam ser melhoradas e deste modo atingir uma melhor eficiência.
- Efectuar um estudo da máxima distância percorrida para a fuga considerando uma redução do valor da velocidade devido aos efeitos do fumo, dando continuidade ao já referido no sub-capítulo 3.4.4.
- Realizar uma análise e aquisição de dados estatísticos referentes ao número de ocupantes de mobilidade reduzida ou carências cognitivas nos edifícios de habitação portugueses. Esse estudo permitiria adequar as velocidades médias base à realidade efectiva existentes no parque habitacional português.
- A pesquisa realizada mostrou que existem diversos softwares de modulação numérica com ênfase no tempo de fuga de acordo com as distâncias, tipo e densidade dos ocupantes, assim como software de propagação de

fumo. Porém o desenvolvimento de software informático que incidisse na velocidade de propagação do fogo num incêndio de acordo com os materiais de construção envolvidos na construção, seria uma mais-valia para o estabelecimento de rotas de fuga e para melhorar a exactidão do tempo de fuga necessário e deste modo conseguir optimizar as distâncias máximas até à saída em segurança mais próxima.

- Desenvolver estudos futuros em termos de *Natureza do Fogo* que permitam confirmar pressupostos e que, paralelamente, fundamentem as soluções construtivas que são exigidas pela norma ISO 15928-4. Os desenvolvimentos atrás referidos, podem apresentar-se bastante proveitosos para os estudos que desenvolvem os critérios de classificação do desempenho no âmbito do parâmetro mencionado.

- Realização de um estudo da resistência e isolamento dos diversos materiais de construção, de modo a dar um contributo na resolução de questões relacionadas com o parâmetro *Contenção da Propagação do Fogo* que, sendo já contemplado em diversos regulamentos, não está totalmente explícito no actual regulamento Português de SCIE.

Referências Bibliográficas

LIVROS, TESES E JORNAIS

Almeida, N., 2011. *Modelo de Gestão Técnica de Edifícios Baseada no Desempenho e no Risco*. Lisboa.

Alvarez, A. 2012. *An integrated framework for the next generation of risk-informed performance-based design approach used in fire safety engineering*. Worcester Polytechnic Institute.

Alves, A. B. C. G. *Incêndio em Edificações: a questão do escape em prédios altos em Brasília (DF)*. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília.

Ando, K., Ota, H., Oki, T., 1988. *Forecasting the flow of people (Japanese)*, *Railway Research Review*. Vol. 45, pp. 8-14, in GWYNNE.

Aqua Group, 1984. *Fire and Building: A Guide for the Design Team*. Granada Publishing.

Beever, P, et al., 2010. *A New Framework for Performance Based Fire Engineering Design in New Zealand*. 8th International Conference on Performance-Based Codes and Safety Design Methods, Sweden.

Bellamy L. L., Geter T.A.W.,1990. *Experimental programme to investigate informative fire warning characteristics for motivating fast evacuation*. BRE Report BR 172. Building Research Establishment.

Beller, Douglas, 2002. *Qualitative versus Quantitative Aspects of Performance-Based Regulations*. 4th International Conference on Performance Based Codes and Fire Safety Design Methods. Melbourne.

BeneFEU, 2002. *Benefits of fire safety engineering in the EU – BENEFEU project*. The potential benefits of fire safety engineering in the European Union.

Brennan P. and Doughty B., 1997. *Response in Fires*. Occupant response actions to real fire incidents in residential dwellings, apartments and hotel/hostels.

Bryan, J.L., 1977. *Smoke as a determinant of human behaviour in fire situations (project people)*. National Bureau of Standards, Washington D.C. USA Report NBS GCR-77-94.

Bukowski, R. W., 1994. *Developing Rational, Performance-based Fire Safety Requirements*. Model Building Codes.

CIBSE Guide, 2010. *Fire Safety Engineering*. Chartered Institution of Building Services Engineers, London, 3rd Edition.

Coelho, A. L., 2001. *A Evacuação de Pessoas em Edifícios*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Cóias, V., 2012. *Construção: os excessos e o futuro*. Lisboa: GECORPA - Grémio do Património.

Costa, B. R. C. E., 2009. *Aplicação de um modelo numérico na avaliação da evacuação de um edifício*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cote A. E Bugbee P., 1988. *Principles of Fire protection*. National Fire Protection Association (Quincy, MA).

Douglas, B., 2003. *Qualitative vs Quantitative Aspects of performance-based Regulations*. MSFPE NFPA International, USA.

European Guideline, 2009. *European Guideline CFP-A-E Nº 19 – Fire safety engineering concernings evacuation from buildings*. CFP-A Endorsed

Esteves, M. A. L., 2008. *Modelos de avaliação de desempenho e reconhecimento da qualidade para edifícios residenciais*. Instituto Superior Técnico. Lisboa.

Fahy, F.R. and Proulx G., 2008. *Human behavior and evacuation movement in smoke*. NRCC – 51157.

Fahy, R. F., 2003. *Calculation Methods for Egress Prediction*. Fire Protection Handbook (19th ed., Quincy, MA: National Fire Protection Association).

FAILLACE, R. R., 1991. *Escadas e saídas de emergência*. Editora Sagra. Porto Alegre.

FEMA, 2011. *National Fire Incident Reporting System*. NFRIS 5.0.

Ferreira, M. B. B. e. I., 2006. *ONS – Normalização em Segurança*. CERTITECNA – Engenheiros Consultores, SA.

FiRE-TECH Projecto, 2002-2005. *Fire Risk Evaluation to European Cultural Héritage*.

Fruin, J.J., 1971. *Pedestrian planning and design*. Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental planners. New York.

Gabinete Secretário Geral , 2010. *Relatório Anual Segurança Interna de 2010*. Portugal

Hankin B. D., Wright R. A., 1958. *Passenger Flow in Subways Operational Research Quarterly* Vol. 9 Nº2.

INE-ECH, 2012. *Estatísticas da Construção e Habitação*. Instituto Nacional de Estatística.

Jin, T., 1975. *Visibility through fire smoke, Part 5. Allowable smoke density for escape from fire*. Report of Fire Research Institute of Japan, No. 42, 12.

Jones, B.K. and Hewitt, J.A., 1986. *Leadership And Group Formation In High-rise Building Evacuations*. Fire Safety Science.

Kady R., Davis J., 2009. *The effect of occupant characteristics on crawling speed in evacuation*. Fire Safety Journal V. 44, May.

Klingsch W.W.F., Rogsh C., Schadschneider A., Schreckenberg M., 2008. *Pedestrian and Evacuation Dynamics*. Germany.

Lo, S. M., Fang, Z., & Zhi, G. S., 2004. *An Evacuation Model: the SGEM package*. Fire Safety Journal, 169-190.

Lopes, A. 2004. *Segurança incêndio: Avaliação do risco de incêndio em edifícios*, Instituto Superior Técnico.

Lourenço, J., 2012. *Segurança contra incêndios: Avaliação do desempenho de edifícios de habitação novos*. Instituto Superior Técnico.

Lourenço, Silva, Almeida, 2012. *Segurança contra incêndios: Avaliação do desempenho de edifícios de habitação novos*. Congresso Construção 2012. Coimbra

Meacham B., Bowen R. , Traw J. & Moore A, 2005. *Performance-based building regulation: current situation and future needs*, *Building Research & Information*. Web of Science.

Meacham, B. J. 2004. *Performance Based-Building Regulatory System: Structure, Hierarchy and Linkages*. Journal of the Structural Engineer Society of New Zealand.

Meacham, B. J., 2008. *A Risk-Informed Performance-Based Approach to Building Regulation*. Worcester Polytechnic Institute.

Meacham, B. J., 2010. *Performance-Based Building Regulatory Systems: Principles and Experiences*. A Report of the Inter-jurisdictional Regulatory Collaboration Committee, IRCC

Mijksenaar P. and Westendorp P., 1999. *The Art of Instructional Design*. Stewart Tabori & Chang; illustrated edition, October 1

Murray, S. , 1980. *Report of the Task Force on Crowd Control and Safety*, City of Cincinnati.

Nelson, H.E. and Mowrer, F.W, 2002. *Emergency Movement. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (3rd ed.), DiNENNO, P.J. (ed.) National Fire Protection Association, Quincy, MA.

Nelson, H.E., MacLennan, H.A., 1995. *Emergency Movement, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. SFPE, Quincy, MA.

NIBRA, 2009. *Consumer fire safety: European statistics and potential fire safety measures*. Netherlands Institute for Safety.

NZ Framework, 2008. *Evaluation of the Conceptual Framework for Performance Based Fire Engineering Design in New Zealand*. Department of Civil Engineering - University of Canterbury – New Zealand.

Pauls, J., 2003. *Evacuation and other movement in buildings: some high-rise evacuation models, general pedestrian movement models and human performance data needs*. Pedestrian and Evacuation Dynamics. Proceedings of the 2nd International Conference. GALEA, E.R. (ed.) University of Greenwich.

Paulsen R.L., 1981. *Human Behavior and Fire Emergencies: An Annotated Bibliography*. NBSIR 81-2438, National Bureau of Standards, Gaithersburg, MD.

Polus, A., Schofer, J.L., Ushpiz, A., 1983. *Pedestrian flow and level of service*. Journal of Transportation Engineering 109, pp 46-56.

Poyner, B., Robinson, D., Hughes, N., Young, M. and Ayles, P., 1972. *Safety in Football Stadia; A Method of Assessment*, SCICON: London, Scientific Control Systems.

Predtechenskii, V.V. and Milinskii, A.I., 1969. *Planning for foot traffic in buildings* (translated from Russian). Stroizdat publishers, Moscow. English translation published for National Bureau of Standards and the National Science Foundation, Washington, by Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd, New Delhi, India.

Primo, V., 2008. *Análise estatística dos incêndios em edifícios no Porto 1996-2006*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Proulx, G. and Sime, J.D., 1991. *To Prevent 'Panic' In An Underground Emergency: Why Not Tell People The Truth?*. Fire Safety Science 3.

Proulx, G., 2001. *Occupant behaviour and evacuation*. 9th International Fire Protection Seminar Munich, 25 and 26 May.

Proulx, G., 2002. *Movement of People*. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd ed., Section 3, Chapter 13.

Purser, D., 2009. *Human Fire Behaviour and Performance Based Design*. Hartford Environmental Research, Institution of Fire Engineers AGM Conference and Exhibition. 1-2 July 2009.

Purser, D.A., 2002. *Toxicity Assessment of Combustion Products*. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 3rd ed).

Ramos, P.P, Rodrigues, J.P.C, 2010. *Regulamentos prescritivos vs baseados no desempenho*. Revista Segurança, 2010 Nº 196, Maio/Junho.

SFPE, 2002. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd Ed, NFPA, National Fire Protection Association.

Tavares, R. M., 2008. *Prescriptive code vs. performance-based codes: Which one is the best fire safety code for the brazilian context?*. Safety Science Monitor. Vol 12, Art 3

The Home Office, 1976. *Guide to Safety at Sports Grounds*. London, HMSO.

Thompson, P.A. and Marchant, E.W., 1995. *A computer model for the evacuation of large building populations*. Fire Safety Journal. Vol. 24, , pp. 131-148.

Ventre, T.F., Stahl, F.I., Turner and G.E., 1981. *NBSIR 81-2361*. National Bureau of Standards, Gaithersburg, MD.

Wood, P.G., 1972. *The behaviour of people in fires*. Fire Research Station, UK, Fire Research Note 953.

NORMAS E REGULAMENTOS

BS 7899-2, 1999. Code of practice for assessment of hazard to life and health from fire — Part 2: Guidance on methods for the quantification of hazards to life and health and estimation of time to incapacitation and death in fires.

BS ISO/TR 13387-8, 1999. Fire safety engineering — Life safety — Part 8: Occupant behaviour, location and condition. Suíça: ISO.

Decreto-Lei n.º 220/2008 – 12 de Novembro. Diário da República, Ministério da Administração Interna.

ISO 11863, 2011. *Buildings and building-related facilities -- Functional and user requirements and performance - Tools for assessment and comparison*. Suíça: ISO.

ISO 13824:2009. Bases for design of structures -- General principles on risk assessment of systems involving structures. Suíça: ISO.

ISO 15928-4, 2011. *Houses - Description of performance - Part 4: Fire safety*. Bruxelas.

ISO 16738, 2009. Fire-safety engineering – Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people. Suíça: ISO.

ISO/PAS 22539:2007. User guidance to ISO 15928 - Houses - Description of performance.

PD 7974-6, 2004. *The Application of Fire Safety Engineering Principles to the Design of Buildings – Part 6: Human Factors: Life Safety Strategies – Occupant Evacuation Behaviour and Conditions (Sub-System 6)*, British Standards Institution, London.

Portaria n.º 1532/2008 – 29 de Dezembro. Diário da República, Ministério da Administração Interna.

The Building Regulations, 2000. Approved Document B. Fire Safety. HMSO.

WEBSITES

AICCOPN, 2012. *AICCOPN - Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas*. http://www.aiccopn.pt/news.php?news_id=739 [Acedido a 03/04/2013].

ANPC, 2010. *Anuários de Ocorrências de Protecção Civil*. http://www.procov.pt/Documents/ANUARIO_OCORRENCIAS_PC_2010.pdf [Acedido a 16/08/2013].

COUNCIL, G. C., 2012. *Galway county council*, <http://www.galway.ie/en/Services/FireService/FirePrevention/FireSafetyCertification/> [Acedido a 25/08/2013].

David Healey, 2012. The Shard's bleeding edge: anatomy of a 21st century skyscraper, <http://arstechnica.com/gadgets/2011/12/the-shards-bleeding-edge-anatomy-of-a-21st-century-skyscraper/> [Acedido em 02/09/2013].

European Commission, 2012. European standards. http://ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/standardisation-requests/index_en.htm [Acedido a 26/07/2013].

European Committee for Standardization, 2009. About us. <http://www.cen.eu/cen/AboutUs/Pages/default.aspx> [Acedido a 01/07/2013].

Illera C., Fink M., Hinneberg H., Kath K., Waldau N., Rosič A, Wurzer, 2005. Escape and Panic in Buildings - Architectural basic research in the context of security and safety research, http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_180371.pdf [Acedido em 29/08/2013].

MBIE, 2008. Ministry of Business, Innovation and Employment. Report of the Public Advisory Group on RESTRUCTURING AND REDUNDANCY - <http://dol.govt.nz/publications/research/restructuring-and-redundancy/restructuring-and-redundancy-03.asp> [Acedido em 02/09/2013].

Queensland Government, 2006. Guidelines on Alternatives to Prescriptive Regulation, <https://www.wbginvestmentclimate.org/uploads/23.Queensland.pdf> [Acedido em 02/09/2013].

SCDF, 2010. *Singapore Civil Defence Force*, http://www.scdf.gov.sg/content/scdf_internet/en/building-professionals/fire-safety-permit-and-certification/temporary-fire-permit.html [Acedido a 20/02/2013].

The Geneva Association – Risk & Insurance Economics, 2010. Information Bulletin of the World Fire Statistics Centre. <https://www.genevaassociation.org/media/186253/ga2010-fire26.pdf> [Acedido em 02/06/2013].

Anexos

Anexo A – Exemplo de cálculo do tempo de evacuação de um edifício por Nelson e MacLennan (1995)

Descrição do Edifício

O edifício é constituído por 6 pisos de habitação (pisos 0 a 5). Este tem 2 tipologias diferentes de apartamentos por piso, nomeadamente T3 e T4 nos pisos 0 a 5.

- Apartamentos T3 com área de 90 m²
- Apartamentos T4 com área de 110 m²

Cálculo dos tempos de evacuação

O método vai ser aplicado para o caso de estudo da fracção onde no piso 5 se encontra o indivíduo mais distante da saída do edifício. Inicia-se o cálculo para o tempo de saída dos 2 apartamentos do piso 5. Depois calcula-se os tempos de saída sucessivos tendo em conta a população servida por cada caminho de evacuação até à saída do edifício.

Caminho 1– Apartamento T3 piso 5

Dados:

Efectivo = 4 pessoas

Área útil = 90 m²

Logo, $d = \frac{4}{90} = 0,044 < 0,54 \Rightarrow V = 1,20 \text{ m/s}$

Camada limite (porta) = 0,15 m, logo $L_e = 0,90 - 2 \cdot 0,15 = 0,60 \text{ m}$

$F_e = 1,20 \cdot 0,044 = 0,053$; $F_t = 0,053 \cdot 0,60 = 0,032$

$T1. A = \frac{4}{0,032} = 125 \text{ s} = 2 \text{ min e } 5 \text{ s}$

Caminho 2 – Apartamento T4 piso 5

Dados:

Efectivo = 5 pessoas

Área útil = 110 m²

Logo, $d = \frac{5}{110} = 0,045 < 0,54 \Rightarrow V = 1,20 \text{ m/s}$

$$Le = 0,90 - 2 \cdot 0,15 = 0,60 \text{ m}$$

$$Fe = 1,20 \cdot 0,045 = 0,0545; Ft = 0,0545 \cdot 0,60 = 0,0327$$

$$T1.B = \frac{5}{0,0327} = 153 \text{ s} = 2 \text{ min e } 33 \text{ s}$$

Caminho 3 – Corredor de acesso à caixa de escadas

Dados:

Efectivo = 9 pessoas

Área útil = 6 m^2

$$\text{Logo, } d = \frac{9}{6} = 1,5 \geq 0,54 \text{ e } \leq 3,80$$

$$K (\text{corredor}) = 1,40$$

$$\text{Logo, } V = 1,40 \cdot (1 - 0,266 \cdot 1,5) = 0,84 \text{ m/s}$$

$$Le = 0,90 - 2 \cdot 0,15 = 0,60 \text{ m}$$

$$Fe \text{ máx (corredor)} = 1,3$$

$$Fe = 0,84 \cdot 1,5 = 1,26$$

$$Ft = 1,26 \cdot 0,60 = 0,757$$

$$T2 = \frac{9}{0,757} = 12 \text{ s}$$

Caminho 4 – Escadas de descida do piso 5 ao piso 0

Hipótese de cálculo: considera-se que as 9 pessoas que saíram da caixa de escadas estão presentes neste caminho, para evacuarem em direcção ao piso 0. Tendo em consideração a simetria dos pisos, considera-se que as pessoas dos pisos restantes estão a descer nos pisos inferiores simultaneamente. Por isso, efectua-se o cálculo para uma área de um lance e um patamar de escadas, em que estão presentes as 9 pessoas do piso 5, e multiplica-se o tempo assim obtido pelo número de conjuntos de lances e patamares equivalentes. Sendo 2 lances e 2 patamares entre cada piso, são 10 conjuntos no total.

Dados:

Efectivo = 9 pessoas

Área útil = 6 m^2

$$\text{Logo, } d = \frac{9}{6} = 1,5 \geq 0,54 \text{ e } \leq 3,80$$

$$K (\text{escadas com espelho de 165 mm e cobertor de 305 mm}) = 1,16$$

$$\text{Logo, } V = 1,16 \cdot (1 - 0,266 \cdot 1,5) = 0,697 \text{ m/s}$$

$$L_e = 1,18 - 0,15 (\text{parede}) - 0,09 (\text{corrimão}) = 0,94 \text{ m}$$

$$F_e \text{ máx} (\text{escadas com espelho de 165 mm e cobertor de 305 mm}) = 1,09$$

$$F_e = 0,697 \cdot 1,5 = 1,05$$

$$F_t = 1,05 \cdot 0,94 = 0,983$$

$$T_{3, \text{parcial}} = \frac{9}{0,983} = 10 \text{ s}$$

$$T_3 = 10 \cdot 10 = 100 \text{ s} = 1 \text{ min e } 40 \text{ s}$$

Caminho 5 – Piso 0

Hipótese de cálculo: Quando as 9 pessoas do piso 5 atingem o piso 0, o efectivo dos pisos inferiores já evacuou o edifício. Assim o efectivo deste caminho é composto por estas 9 pessoas.

Dados:

Efectivo = 9 pessoas

Área útil = 17 m²

$$\text{Logo, } d = \frac{9}{17} = 0,53 < 0,54$$

$$\text{Logo, } V = 1,2 \text{ m/s}$$

$$L_e = 0,90 - 2 \cdot 0,15 (\text{porta}) = 0,60 \text{ m}$$

$$F_e = 1,2 \cdot 0,53 = 0,636; F_t = 0,636 \cdot 0,60 = 0,382$$

$$T_4 = \frac{9}{0,382} = 24 \text{ s}$$

Resultados finais

$$T_{\text{total}} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 153 + 12 + 100 + 24 = 289 \text{ s} = 4 \text{ min e } 49 \text{ s.}$$

Com base nas hipóteses consideradas, conclui-se que são evacuadas as 45 pessoas que integram o edifício com

um tempo de evacuação total de 4 min e 49 s.

Anexo B – Tabelas comparativas entre os parâmetros da norma internacional ISO 15928-4 e a regulamentação internacional

<p>Parâmetros Desempenho ISO 15928</p>	<p>Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan</p>	<p>The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses</p>	<p>Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland</p>	<p>New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety</p>	<p>Singapore Building Code 2013 – Fire Safety</p>	<p>Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 – Espanha</p>
<p>Fire Actions</p> <p>- <i>Nature of Fire</i></p> <p>- <i>Characteristics of the Occupants</i></p>	<p><i>Nature of Fire</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 193 - Fire Initiation and Development 203 - Typical Phases of a Fire Curve <p><i>Characteristics of the Occupants</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 25 – Assessment of Occupant Capacity: Density of people according to use classifications 196 - Occupant Characteristics and Evacuation 	<p><i>Nature of Fire</i></p> <p>-----</p> <p><i>Characteristics of the Occupants</i></p> <p>-----</p>	<p><i>Nature of Fire</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 62 - Hazardous Materials (Nature of Fire) 149 - Materials to be considered as reaction to fire classes A1 and A1 FL as provided for in Decision 2000/147/EC without the need for testing <p><i>Characteristics of the Occupants</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 18 – Occupancy load factor 	<p><i>Nature of Fire</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 39 - Purpose groups and fire Hazard Categories <p><i>Characteristics of the Occupants</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 41 - Occupant load 43 - Purpose groups 45 - Occupant Densities 	<p><i>Nature of Fire</i></p> <p>-----</p> <p><i>Characteristics of the Occupants</i></p> <ul style="list-style-type: none"> C1P23 – Occupancy Load Table 	<p><i>Nature of Fire</i></p> <ul style="list-style-type: none"> SIB-1 – Tiempo equivalente de exposicion al fuego SIB-2 – Valor de calculo de la densidade de carga de fuego SIB-4 – Valor característico de la densidade de carga de fuego <p><i>Characteristics of the Occupants</i></p> <ul style="list-style-type: none"> S13-1 – Densidades de ocupación

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
Early Warning - Number of devices - Location of devices - Type of devices - Interconnectivity between devices within a house, within a building and with the emergency services (time lag, reliability system, effectiveness of the alarm)	<p><i>Number of devices</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 86 - Protection of Areas of Special Hazard: "Smoke detectors should comply with the Code of Practice for Minimum Fire Service Installations and Equipment." <p><i>Location of devices</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 86 - Protection of Areas of Special Hazard: "Smoke detectors should comply with the Code of Practice for Minimum Fire Service Installations and Equipment." <p><i>Type of devices</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 86 - Protection of Areas of Special Hazard: "Smoke detectors should comply with the Code of Practice for Minimum Fire Service Installations and Equipment." <p><i>Interconnectivity between devices within a house, within a building and with the emergency services</i></p>	<p><i>Number of devices</i></p> <p><i>Location of devices</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 15 - Positioning of smoke and heat alarms <p><i>Type of devices</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 15, 16 - Fire detection and fire alarm systems: Type of Devices: "The smoke and heat alarms should be mains-operated and conform to BS 5446-1:2000 or BS 5446-2:2003, respectively" <p><i>Interconnectivity between devices within a house, within a building and with the emergency services</i></p>	<p><i>Number of devices</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 50 - Fire Detection and Alarm Systems according to CEN TS54:Part14:2004 56 - Installation of smoke and heat alarms <p><i>Location of devices</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 50 - Fire Detection and Alarm Systems according to CEN TS54:Part14:2004 56 - Installation of smoke and heat alarms <p><i>Type of devices</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 55 - Fire detection and alarm systems types <p><i>Interconnectivity between devices within a house, within a building and with the emergency services</i></p>	<p><i>Number of devices</i></p> <p><i>Location of devices</i></p> <p><i>Type of devices</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 205 - Testing of Smoke <p><i>Outros</i></p>	<p><i>Number of devices</i></p> <p><i>Location of devices</i></p> <p><i>Type of devices</i></p> <ul style="list-style-type: none"> C7P23 – Smoke detectors shall comply with SS CP 10 <p><i>Interconnectivity between devices within a house, within a building and with the emergency services</i></p>	<p><i>Number of devices</i></p> <p><i>Location of devices</i></p> <p><i>Type of devices</i></p>

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
Containment Fire Spread - The resistance of fire spread in terms of the amount of time required for the fire spread from one room to another, from one story to another, or from one house to another - The combustibility characteristics of the materials	<i>The resistance of fire spread (...)</i> • 71 - Fire Resistance (minutes) Rating and Fire Compartment Limitations of various use classifications • 73 - Fire Resistance Rating Criteria for Elements of Construction, Fire Barriers and Other Components • 155 - Fire Testing Authorities: Minimum thickness in mm for resistance to 240, 120 and 60min: <i>The combustibility characteristics of the materials</i> -----	<i>The resistance of fire spread (...)</i> • 35 - Concealed spaces (cavities) • 50 - External Fire Spread: roof coverings: Minimum distance from any point on relevant boundary according to classes of performance • 59 - Specific provisions of test for fire resistance of elements of structure etc • 61 - Minimum periods of fire resistance for dwellinghouses • 62 - Limitations on the use of uninsulated glazed elements on escape routes • 67 - Minimum fire resistance of door in terms of integrity (minutes) <i>The combustibility characteristics of the materials</i> • 43 - Construction of external walls • 57 - Materials of limited combustibility / Thermoplastics materials • 64 - Use and definitions of non-combustible materials, materials of limited combustibility • 65 - Typical performance ratings of some generic materials and products <i>Outros</i> • 25 - Wall and ceiling linings • 33 - Internal Fire Spread: Compartmentation • 38 - Protection of openings and fire-stopping • 44 - External Fire Spread: Space separation in windows • 62 - Limitations on fire-protecting suspended ceilings	<i>The resistance of fire spread (...)</i> • 92 - Openings in cavity barriers for fire resistance of test • 140 - Specific provisions of test for fire resistance of elements of structure, etc. • 141 - Minimum periods of fire resistance for elements of structure • 142 - Limitations on fire-protecting suspended ceilings • 153 - Provisions for fire doors (minimum fire resistance in terms of integrity (minutes)) <i>The combustibility characteristics of the materials</i> • 138 - Materials of Limited Combustibility • 146 - Typical performance ratings of some generic materials and products <i>Outros</i> • 40 - External protection to protected stairway • 73 - Compartmentation • 85 - Concealed Spaces (Cavities) • 103 - Construction of External Walls • 106 - Space Separation	<i>The resistance of fire spread (...)</i> ----- <i>The combustibility characteristics of the materials</i> • 207 - Non-Combustibility of Materials – classification according AS1530 <i>Outros</i> • 95 - Requirements for Firecells • 159 - Horizontal fire Spread from external walls • 172 - Horizontal fire Spread from roofs, floors and open Sided Buildings • 176 - External fire spread between different levels of the same building • 182 - Permitted unprotected Areas in unsprinklered Buildings	<i>The resistance of fire spread (...)</i> • CGP24 – Compartmentation requirements for special purpose rooms in buildings <i>The combustibility characteristics of the materials</i> ----- • S11-6 – Reaccion al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario <i>Outros</i> • S11-1 – Condiciones de compartimentación en sectores de incendio	<i>The resistance of fire spread (...)</i> • S11-3 Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio <i>The combustibility characteristics of the materials</i> • S11-6 – Reaccion al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario <i>Outros</i> • S11-1 – Condiciones de compartimentación en sectores de incendio

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
Control Emission and Spread Fire Effluents	<p><i>The nature and concentration of combustion gases</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 147 - Fire and Smoke Dampers 148 - Smoke Leakage for Fire Rated Doors and Doors with Smoke Seals <p><i>Smoke obscuration</i></p>	<p><i>The nature and concentration of combustion gases</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 22 - Air circulation systems in houses with a floor more than 4.5m above ground level <p><i>Smoke obscuration</i></p>	<p><i>The nature and concentration of combustion gases</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 49 - Ventilation Systems 130 - Ventilation of Heat and Smoke <p><i>Smoke obscuration</i></p>	<p><i>The nature and concentration of combustion gases</i></p> <p><i>Smoke obscuration</i></p>	<p><i>The nature and concentration of combustion gases</i></p> <ul style="list-style-type: none"> C7 – Mechanical ventilation and smoke control systems C7P20 – Fire size concentration gases C6P6 – Smoke free approach to exit staircase <p><i>Smoke obscuration</i></p>	<p><i>The nature and concentration of combustion gases</i></p> <ul style="list-style-type: none"> SI3-8 – Control del humo de incendio <p><i>Smoke obscuration</i></p>
	<ul style="list-style-type: none"> 213 - Tenability Criteria: Smoke Layer Height 214 – Visibility, Smoke Temperature, Toxicity, Radiated Heat Transfer 		<p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 71 - Ventilation openings 85 - Smoke control doors 119 – Control of Internal Fire and Smoke Spread 124 - Vertical safe path smoke control 125 - Car parking 130 - long Corridor Subdivision 131 – Floors 136 - Concealed Spaces 141 - Fire door and smoke control door installation 			

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
Means of Escape - The number and location of accessible openings, including those available when normal routes are not available - The maximum travel distance to the nearest accessible opening	<i>The number and location of accessible openings, including those available when normal routes are not available</i> <ul style="list-style-type: none">• 32 - Exits from Rooms and/or Fire Compartments• 31 - Buildings with Only One Required Staircase• 34 - Minimum number and width of exit doors and exit routes from a room, fire compartment or storey• 42 - Doors in Relation to Exits• 45 - Basements• 52 -Exit Width and number for Use Classification 5a Located at 12m or more above Ground Floor Level according Occupant Capacity• 106 - Number of Access Staircases, Fireman's Lifts and Firefighting and Rescue Stairways	<i>The number and location of accessible openings, including those available when normal routes are not available</i> <ul style="list-style-type: none">• 18 - Means of escape from dwellinghouses (location)• 19 - Alternative arrangements for final exits; Fire separation in houses with more than one floor over 4.5m above ground level• 20 - Ground or basement storey exit into an enclosed space• 21 - Gallery floors with no alternative exit; Alternative cavity barrier arrangements in roof space over protected stairway in a house with a floor more than 4.5m above ground level• 22 - External escape stairs <i>The maximum travel distance to the nearest accessible opening</i> <p>-----</p>	<i>The number and location of accessible openings, including those available when normal routes are not available</i> <ul style="list-style-type: none">• 23 - Number of Escape Routes and Exits• 27 - Minimum number of escape routes• 29 - Width of Escape Routes and Exits• 31 - External Escape Routes• 35 - Number of Escape Stairways• 42 - External Escape Stairways <i>The maximum travel distance to the nearest accessible opening</i>	<i>The number and location of accessible openings, including those available when normal routes are not available</i> <ul style="list-style-type: none">• 47 - Escape routes• 48 -Number of escape routes• 59 - Escape through Adjoining Building; Escape from Basements; Open Paths• 69 - External escape routes• 90 - Windows used for escape• 91 - Number of escape routes from a floor level	<i>The number and location of accessible openings, including those available when normal routes are not available</i> <ul style="list-style-type: none">• C2P5 – Number of exits from rooms and spaces• C2P48 – Determination of exit requirement <i>The maximum travel distance to the nearest accessible opening</i> <ul style="list-style-type: none">• SI3-3 – Numero de salidas y longitud de los recorridos de evacuacion <i>Outros</i> <ul style="list-style-type: none">• SI3-4 – Dimensionado de los medios de evacuacion• SI3-5 – Capacidad de evacuacion de las escaleras en funcion de su anchura• SI3-6 – Proteccion de las escaleras• SI3-6 - Puertas situadas en recorridos de evacuación	<i>The number and location of accessible openings, including those available when normal routes are not available</i> <ul style="list-style-type: none">• SI3-3 – Numero de salidas y longitud de los recorridos de evacuacion <i>Outros</i> <ul style="list-style-type: none">• SI3-4 – Dimensionado de los medios de evacuacion• SI3-5 – Capacidad de evacuacion de las escaleras en funcion de su anchura• SI3-6 – Proteccion de las escaleras• SI3-6 - Puertas situadas en recorridos de evacuación

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – <u>Japan</u>	The Building Regulations 2010 – <u>Fire Safety Dwelling houses</u>	Building Regulations 2006 – <u>Technical Guidance</u> <u>Document B – Fire Safety –</u> <u>Ireland</u>	New Zealand Building Code 2011 – <u>Fire Safety</u>	Singapore Building Code 2013 – <u>Fire</u> <u>Safety</u>	Documento Básico – <u>Seguridad en Caso de</u> <u>Incendio 2010 - Espanha</u>
Means of Escape - The number and location of accessible openings, including those available when normal routes are not available - The maximum travel distance to the nearest accessible opening	<p><i>The maximum travel distance to the nearest accessible opening</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 37 - Travel Distance <p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 28 - "Every part of an exit route should be provided at all time with lighting of a horizontal luminance at floor level of not less than 30 lux." 40 - Discharge Value and Width of Required Staircase 44 - Construction of Required Staircases 212 - Summary of Pre-movement Times 202 - Graphical Representation of a Timeline Assessment 		<p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 36 - Minimum width of escape stairways 38 - Capacities of stairways (Total Evacuation); Minimum aggregate width of stairways for phased evacuation 48 - Provision of emergency escape lighting 	<p><i>The maximum travel distance to the nearest accessible opening</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 53 - Length of escape routes 71 - Single escape routes (basement, internal stairways, balconies) 93 - Lengths of open Paths and Protected Paths <p><i>Outros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 49 - Height and width of escape routes 58 - Acceptable increases in open Path lengths 66 - Dead ends; exitways 67 - Control of exitway Activities 68 - Refuge Areas 92 - Width of escape routes 	<p><i>2007 Regulation:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> 6 – Determination of Exit Requirements 62 – Means of Escape Requirements 111 – Health Care Occupancy 144 – Exit Requirements 	<ul style="list-style-type: none"> S13-7 – Senalización de los medios de evacuación S13-8 – Evacuación de personas con discapacidad en caso de incendio

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
Control Structural Behavior - Combination of control of the collapse mode under fire conditions and the fire resistance of the load bearing system and components. • 142 - Fire Tests for Loadbearing Elements • 143 - Fire Tests for Non-loadbearing Elements Thermal Insulation • 154 - Acoustic and Thermal Insulation Outros • 217 - Assessment of Structural Performance <i>(fire stability, fire integrity and thermal insulation)</i>	Combination of control of the collapse mode under fire conditions and the fire resistance of the load bearing system and components. • 142 - Fire Tests for Loadbearing Elements • 143 - Fire Tests for Non-loadbearing Elements Thermal Insulation • 154 - Acoustic and Thermal Insulation Outros • 217 - Assessment of Structural Performance	Combination of control of the collapse mode under fire conditions and the fire resistance of the load bearing system and components. • 31 - Loadbearing elements of structure Thermal Insulation • 59 - Specific provisions of test for fire resistance of structure etc (thermal insulation)	Combination of control of the collapse mode under fire conditions and the fire resistance of the load bearing system and components. • 71 - Loadbearing Elements of Structure Thermal Insulation • 139 - Specific provisions of test for fire resistance of elements of structure, etc.	Combination of control of the collapse mode under fire conditions and the fire resistance of the load bearing system and components. ----- Fire stability, fire integrity and thermal insulation • 107 - Fire Resistance Ratings (Stability, Integrity and Insulation) • 115 - Structural Stability During fire	Combination of control of the collapse mode under fire conditions and the fire resistance of the load bearing system and components. • C3P15 – Tests of fire resistance • C3P52 – Specific provisions of tests for fire resistance of elements of structure • 107 - Fire Resistance Ratings (Stability, Integrity and Insulation) • 115 - Structural Stability During fire	Combination of control of the collapse mode under fire conditions and the fire resistance of the load bearing system and components. • SI6-1 - Resistencia al fuego de la estructura Outros • SI6-2 – Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales • SI6-2 – Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios • SI6-2 – Elementos estructurales secundarios • SI6-3 – Determinacion de los efectos de las acciones durante el incendio • SI6-3 – Determinacion de la resistencia al fuego • SIC-1 – Resistencia al fuego de las estructuras de hormigon armado • SID-1 – Resistencia al fuego de los elementos de acero • SIE-1 – Resistencia al fuego de las estructuras de madera • SIF-1 – Resistencia al fuego de los elementos de fabrica

Parâmetros Desempenho ISO 15928	Code of Practice for Fire Safety in Building 2011 – Japan	The Building Regulations 2010 – Fire Safety Dwelling houses	Building Regulations 2006 – Technical Guidance Document B – Fire Safety – Ireland	New Zealand Building Code 2011 – Fire Safety	Singapore Building Code 2013 – Fire Safety	Documento Básico – Seguridad en Caso de Incendio 2010 - Espanha
OUTROS	<ul style="list-style-type: none"> 163 - Fire Safety Management: Maintenance Plan, Training Plan, Fire action Plan. 	<ul style="list-style-type: none"> 52 - Access and facilities for fire and rescue service 	<ul style="list-style-type: none"> 116 - Access and facilities for the fire service 127 - Personnel Access to Buildings for Firefighting 	<ul style="list-style-type: none"> 191 - Fire Fighting 	<ul style="list-style-type: none"> C4 – Site planning and external fire fighting provision C5 – Electrical power supplies C8 – Exit lighting and exit sign 	<ul style="list-style-type: none"> S15-1 - Intervención de los bomberos

